

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra robotiky

Modernizace mobilního robotu Crawler

The Redesign of the Mobile Robot CRAWLER

Student: Jiří Suder

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Václav Krys, Ph.D.

Ostrava 2015

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra robototechniky

Zadání bakalářské práce

Student:

Jiří Suder

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

2301R013 Robotika

Téma:

**Modernizace mobilního robotu Crawler
The Redesign of the Mobile Robot CRAWLER**

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s aktuální podobou konstrukce mobilního robotu CRAWLER. Analyzujte provedení kamerového subsystému mobilního robotu. Proved'te průzkum standardně dostupných technických prostředků pro zajištění funkcí kamerového subsystému.
2. Specifikujte podrobný požadavkový list pro mobilní robot CRAWLER a jeho kamerový subsystém.
3. Navrhněte varianty kamerového subsystému a souvisejících úprav robotu v souladu se sestaveným požadavkovým listem. Proved'te vzájemné zhodnocení navržených variant na základě zvolených kritérií a vyberte z nich tu nejlepší.
4. Zvolenou variantu rozpracujte do úrovně podrobného 3D modelu s využitím zvoleného CAD systému. Výkresovou dokumentaci zpracujte v rozsahu určeném vedoucím práce. Navržené technické řešení doložte návrhovými a kontrolními výpočty.
5. Práci též doložte v elektronické podobě ve formátu MS WORD.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 2007. 48 s.

ČSN ISO 690 *Informace a dokumentace - Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů*. Praha: Český normalizační institut, 2010.

DRASTÍK, F. *Technické kreslení I. – pravidla tvorby výkresů ve strojírenství*. 2. vydání. Ostrava: Montanex Ostrava, 2005. 260 s. ISBN 87-7225-195-3.

KÁŇA, J. *Výběr/úprava mobilního podvozku pro prvotní průzkum oblasti mimořádné události*. Diplomová práce, VŠB – TU Ostrava, 2009

SKAŘUPA, J.; MOSTÝN, V. *Metody a prostředky návrhu průmyslových a servisních robotů*. 1. vydání. Košice: Viena Košice, 2002. 190 s. ISBN 80-88922-55-0.

KÁRNÍK, L. *Servisní roboty*. 1. vydání. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2004. 139 s. ISBN 80-248-0626-6.

NOVÁK, P. *Mobilní roboty: pohony, senzory, řízení*. 1. vydání. Praha: BEN Praha, 2005. 247 s. ISBN 80-7300-141-1.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

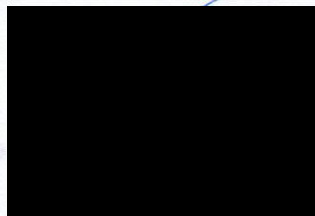
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Václav Krys, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015



prof. Dr. Ing. Petr Novák
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 18.5.2015



.....

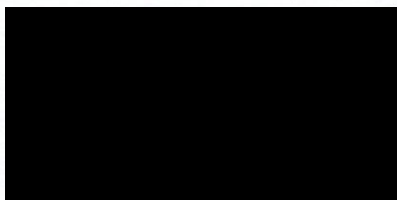
Prohlašuji, že

- Jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se úplně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 18.5.2015

.....

Jiří Suder



Poděkování

Chtěl bych poděkovat vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Václavu Krysovi, Ph.D. za ochotu, pomoc a věcné připomínky při odborném vedení práce. Také chci poděkovat panu Ing. Janu Babjákovi, Ph.D. za pomoc a rady týkajících se elektronické části mé práce. Dále chci poděkovat Nadě Šotkové za jazykovou korekturu, mé rodině a všem, kteří mě morálně či finančně podpořili při studiu.

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

SUDER, J. *Modernizace mobilního robotu Crawler: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB –Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra robotiky, 2015, 78 s. Vedoucí práce: Krys, V.

Bakalářská práce se zabývá modernizací mobilního robotu Crawler. V úvodu je analyzován současný stav robotu, zejména jeho kamerový a energetický subsystém. Na základě aktuálně dostupných technických prostředků pro funkci kamerového subsystému a možnosti napájení robotu byly sepsány požadavky. Na základě požadavků byly vyhledány vhodné akumulátory a vybrány ty nejvhodnější. Také byly dle požadavků navrženy varianty kamerového a energetického subsystému. Podle zvolených kritérií byla vybrána nejvhodnější varianta. Ta byla podrobněji zpracována a pro její jednotlivé komponenty bylo navrženo krytování. Výsledky bakalářské práce budou využity k úpravě kamerového subsystému mobilního robotu Crawler při jeho modernizaci.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

SUDER, J. *The Redesign of the Mobile Robot CRAWLER: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB –Technical University of Ostrava, Faculty of Engineering, Department of Robotics, 2015, 78 p. Thesis head: Krys, V.

The Bachelor Thesis deals with the modernization of the Crawler mobile robot. In the introduction is an analysis of the robot's current state, in particular its camera and power subsystem. Requirements were written on the basis of currently available technical resources for the camera and power supply subsystem. Based on those requirements, suitable batteries were searched and the best was selected. There were also suggested variants for the camera and the power subsystem according to the requirements. The most suitable variant was selected based on chosen criteria. The variant was further developed and covering for its individual components was designed. Results of this Bachelor Thesis will be used to modify the camera subsystem of the Crawler mobile robot during its modernization.

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů	- 10 -
1 Úvod	- 12 -
2 Analýza stávajícího stavu robotu Crawler	- 13 -
2.1 Výkonová část	- 13 -
2.2 Řídicí subsystém	- 14 -
2.3 Rozmístění akumulátorů	- 15 -
2.4 Akumulátory pro napájení výkonové části	- 15 -
2.5 Akumulátor pro napájení řídicího a kamerového subsystému	- 16 -
2.6 Experimentální měření proudového odběru	- 16 -
2.7 Kamerový subsystém	- 17 -
3 Požadavkový list	- 19 -
3.1 Společné požadavky na akumulátory	- 19 -
3.2 Požadavky na akumulátor pro napájení výkonové části	- 19 -
3.3 Požadavky na akumulátor pro napájení řídicího a kamerového subsystému	- 19 -
3.4 Požadavky na přenos obrazu	- 20 -
4 Rešerše dostupných technických prostředků	- 21 -
4.1 Akumulátory	- 21 -
4.1.1 Nabíjení a uchovávání li-pol akumulátorů	- 21 -
4.1.2 Nabíječky dostupné na katedře	- 22 -
4.1.3 Akumulátory pro napájení výkonové části	- 24 -
4.1.4 Akumulátory pro napájení řídicího a kamerového subsystému	- 26 -
4.2 Bezdrátový přenos obrazu z robotu	- 28 -
4.2.1 Wi-fi routery	- 29 -
4.2.2 Video enkodéry	- 30 -
4.2.3 Switche	- 32 -
4.2.4 PC pro zpracování signálu z kamer	- 33 -

4.3	Kamery.....	- 35 -
4.3.1	Analogové kamery.....	- 35 -
4.3.2	IP kamery.....	- 37 -
4.3.3	Kamery s USB výstupem	- 39 -
5	Varianty řešení.....	- 42 -
5.1	Výběr akumulátorů pro napájení výkonové části	- 42 -
5.2	Výběr akumulátorů pro napájení řídicího a kamerového subsystému.....	- 43 -
5.3	Způsob přenosu obrazu z kamery k operátorovi.....	- 43 -
5.3.1	Varianta A - přenos obrazu z analogových kamer	- 43 -
5.3.2	Varianta B - přenos obrazu z IP kamer.....	- 48 -
5.3.3	Varianta C - přenos obrazu z kamer s USB výstupem	- 52 -
6	Kriteriální analýza	- 56 -
6.1	Kriteriální analýza přenosu obrazu	- 56 -
6.1.1	Hodnocení variant přenosu signálu	- 58 -
7	Popis optimálních variant	- 60 -
7.1	Vybraná varianta přenosu signálu.....	- 60 -
7.1.1	Použité komponenty	- 60 -
7.1.2	Vybrané akumulátory	- 63 -
7.1.3	Způsob rozmístění akumulátorů	- 64 -
7.1.4	Předpokládaná výdrž akumulátorů	- 65 -
7.2	Krytování komponent kamerového subsystému	- 67 -
7.2.1	Krytování video enkodérů	- 67 -
7.2.2	Krytování switche.....	- 68 -
7.2.3	Krytování wi-fi routeru.....	- 69 -
8	Závěr	- 72 -
9	Použitá literatura.....	- 74 -
10	Přílohy	- 78 -

Seznam použitých značek a symbolů

C	Kapacita	[Ah]
C_k	Kapacita akumulátoru pro napájení kamerového a řídicího subsystému	[Ah]
C_V	Kapacita akumulátoru pro napájení výkonové části	[Ah]
CCD	„Charge Coupled Device“ – zařízení s vázanými náboji (elektronická součástka pro snímání obrazové informace)	
CMOS	„Complementary Metal-Oxide-Semiconductor“ – technologie používaná pro výrobu integrovaných obvodů	
FDM	„Fused Deposition Modeling“ – metoda 3D tisku	
I_{Akam}	Proudový odběr analogové kamery	[A]
I_{CI}	Celkový proudový odběr při použití IP kamer	[A]
I_{CU}	Celkový proudový odběr při použití USB kamer	[A]
I_{CV}	Celkový proudový odběr výkonové části	[A]
I_{IPkam}	Proudový odběr IP kamery	[A]
I_{LED}	Proudový odběr LED přisvícení	[A]
I_{MA}, I_{MB}	Proudový odběr motoru	[A]
I_{OH}, I_{OV}	Proudový odběr serva orientačního ústrojí kamer	[A]
I_{PC}	Proudový odběr PC	[A]
I_{RA}, I_{RB}	Proudový odběr regulátoru	[A]
I_{SA}, I_{SB}	Proudový odběr serva	[A]
I_{USBkam}	Proudový odběr USB kamery	[A]
I_{rm}	Proudový odběr radiomodulu	[A]
$I_{sř}$	Proudový odběr subsystému řízení	[A]
I_{sw}	Proudový odběr switchu	[A]
I_{ve}	Proudový odběr video enkodéru	[A]
I_{wf}	Proudový odběr wi-fi routeru	[A]
IP	„Internet protocol“ – Protokol internetu	
Li-pol	Lithium-polymer	
LED	„Light-Emitting Diode“ – dioda emitující světlo	
OÚK	Orientační ústrojí kamer	
PAL	„Phase alternative line“ – kódování pro analogové vysílání	
Rx	„Receive“ – přijímač	
RC	„Radio controlled“ – rádiově ovládaný	

Řs	Řídicí systém	
Tx	„Transmit“ – vysílač	
USB	„Universal serial bus“ – univerzální sériová sběrnice	
Wi-fi	„Wireless fidelity“ – bezdrátová síť (počítače)	
m_{Akam}	Hmotnost analogové kamery	[kg]
m_{CA}	Celková hmotnost při použití analogových kamer	[kg]
m_{CI}	Celková hmotnost při použití IP kamer	[kg]
m_{CU}	Celková hmotnost při použití USB kamer	[kg]
m_{DC}	Hmotnost DC/DC měniče	[kg]
m_{IPkam}	Hmotnost IP kamery	[kg]
m_{PC}	Hmotnost PC	[kg]
m_{USBkam}	Hmotnost USB kamery	[kg]
m_{sw}	Hmotnost switche	[kg]
m_{ve}	Hmotnost video enkodéru	[kg]
m_{wf}	Hmotnost wi-fi routeru	[kg]
t	Výdrž akumulátoru	[s]
t_k	Výdrž akumulátoru pro napájení subsystému kamer a řízení	[s]
t_v	Výdrž akumulátoru pro napájení výkonové části	[s]

1 Úvod

Dle zadání bakalářské práce a konzultace s vedoucím bakalářské práce bylo úkolem analyzovat aktuální stav mobilního robotu Crawler a zmodernizovat jej. Modernizace spočívá v náhradě komponent stávajícího kamerového subsystému za aktuálně dostupné komponenty na trhu pro realizaci přenosu obrazu z kamer robotu k operátorovi. Součástí práce je analýza možných způsobů přenosu obrazu, rešerše komponent k tomu potřebných, navržení variant, kritériální analýza a výběr nejvhodnější varianty, která je dále podrobněji zpracována. Pro jednotlivé komponenty vybraného kamerového subsystému je navrženo krytování s využitím aditivní výroby technologie FDM (3D tisk). Část práce se zabývá výběrem a rozmístění akumulátorů a také způsobu napájení jednotlivých subsystémů robotu.

Výsledek této práce bude sloužit jako podklad k modernizaci kamerového subsystému pro mobilní robot Crawler.

2 Analýza stávajícího stavu robotu Crawler

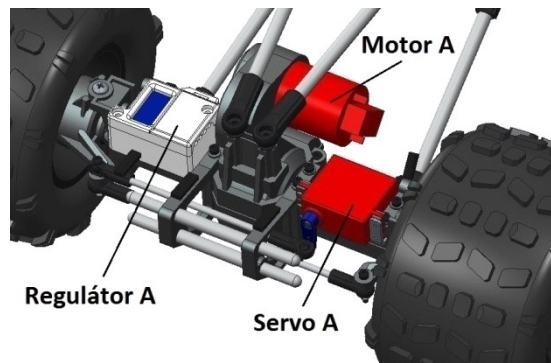
Robot Crawler (viz. obr. 2.1) byl vytvořen pro průzkum oblasti mimořádné události a je ovládán dálkově operátorem. Robot je postaven na čtyřkolovém podvozku GmadeStealth, jehož kinematická struktura se vyznačuje velmi dobrou průchodností terénem. Obě nápravy jsou poháněny samostatně. Na každé nápravě je jeden DC motor Kawada MX6-60, lithium-polymerový (li-pol) akumulátor RAY 2S2P 25C car, který napájí výkonovou část robotu. Na nápravě je také regulátor Tekin FX-R, jehož největší výhodou je ochrana proti poklesu napětí zmíněného li-pol akumulátoru. O natáčení přední i zadní nápravy, stejně jako o natáčení orientačního ústrojí kamer (OÚK), se starají celkem 4 modelářská serva, která jsou řízena pomocí mikroprocesorů ATMEL. Napájení řídicího subsystému obstarává jeden li-pol akumulátor Power HD. Pro přenos obrazu ze dvou deskových analogových kamer Mintron MTV-54K0P jsou použity dva analogové vysílače GIGAMINIA-T. Obě zmíněné kamery jsou v OÚK otočené vůči sobě o 180° a díky dvěma stupňům volnosti OÚK umožňují 100% pokrytí scény prostředí robotu. Obrazovka na stanovišti operátora poskytuje obraz z obou kamer zároveň. Robot je bezdrátově řízen z počítače a je možno jej ovládat pomocí myši či gamepadu.[1]



Obr. 2.1 – Robot Crawler [1]

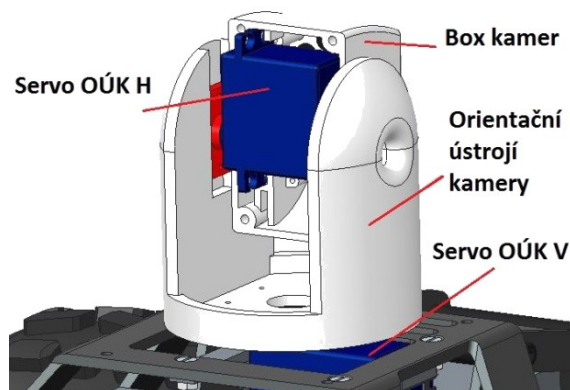
2.1 Výkonová část

Výkonová část robotu obsahuje pohony pro každou nápravu, modelářská serva pro natáčení kol a modelářská serva pro natáčení OÚK. Motory pro každou nápravu jsou napájeny přes regulátory Tekin Fx-R, které zároveň slouží jako ochrana li-pol akumulátorů. Na obr. 2.2 je znázorněno rozmístění motorů a regulátoru na jedné nápravě. Druhá náprava má rozmístění totožné.



Obr. 2.2 – Rozmístění motorů a regulátoru na nápravě

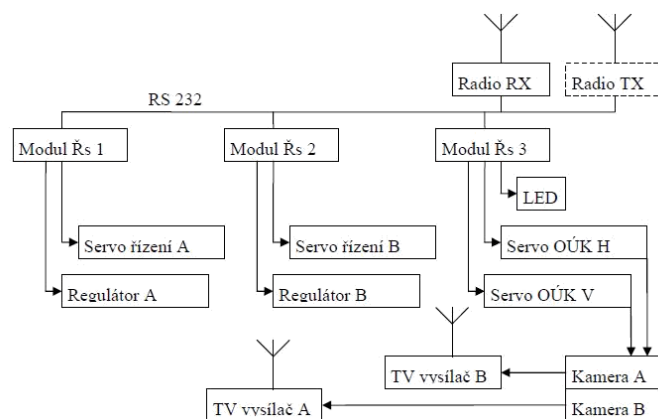
K pohonu OÚK jsou použity dvě modelářská serva (viz. obr. 2.3). Servo OÚK H natáčí box kamer okolo horizontální osy. Servo OÚK V natáčí OÚK okolo vertikální osy. Obě serva umožňují natočení o 180° a poskytují tak kamerám 100% pokrytí scény prostředí robotu.



Obr. 2.3 – Rozmístění serv pro pohon OÚK

2.2 Řídicí subsystém

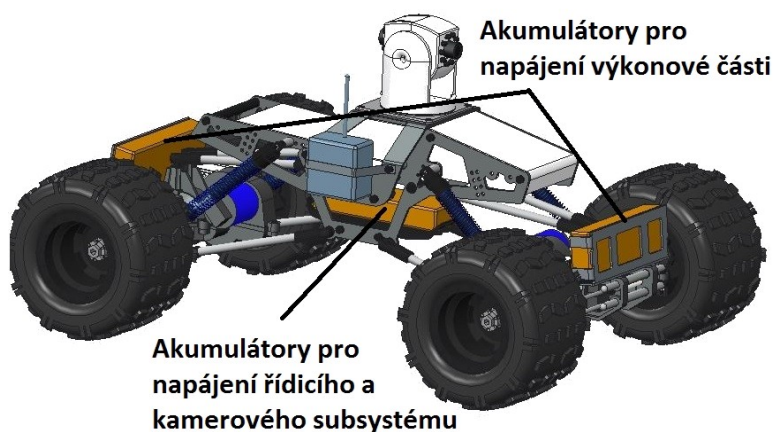
Řídicí část je uspořádána dle obr. 2.4. Řídicí systém (Řs) obsahuje tři moduly Řs. Tyto moduly jsou založeny na mikroprocesorech ATMEL. Každý modul Řs řídí servo a regulátor. Řs 3 řídí navíc i přisvícení kamer pomocí LED diod. Povelů pro řízení dostávají řídicí systémy přes sériovou linku RS232 prostřednictvím radiomodulu RadioCrafts, pracujícím na frekvenci 868 MHz. V aktuálním nastavení je využívána pouze přijímací část linky, neboť z robotu není potřeba žádná řídicí data předávat operátorovi. To je ale možno jednoduše upravit tak, aby i přijímací část linky byla aktivní. Zvýší se tím však proudový odběr, a tak pokud to není nutné, je neaktivní.[1]



Obr. 2.4 – Schéma řídicího subsystému [1]

2.3 Rozmístění akumulátorů

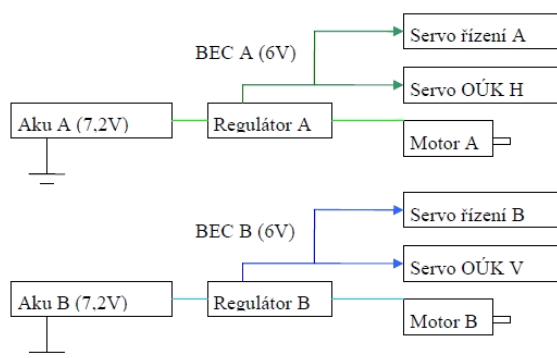
Mobilní robot Crawler je osazen třemi li-pol akumulátory (viz obr. 2.5). Dva akumulátory umístěné na nápravách robotu jsou použity pro napájení výkonové části, kde každý akumulátor napájí jednu nápravu. Třetí akumulátor umístěný na těle robotu je použit pro napájení bloku zdrojů, ze kterého je napájen řídicí a kamerový subsystém. Je tedy oddělena řídicí část od výkonové. Tím je zabráněno možnému kolísání napětí vlivem proudových špiček z výkonové části, které by mohlo nepříznivě ovlivnit správnou funkci řídicího subsystému.[1]



Obr. 2.5 – Umístění akumulátorů

2.4 Akumulátory pro napájení výkonové části

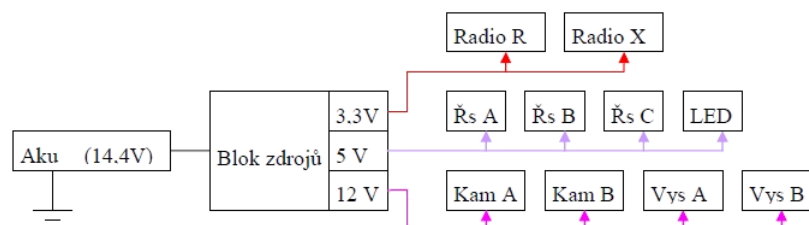
K pohonu mobilního robotu Crawler je použit li-pol akumulátor, jehož jmenovité napětí je 7,4 V, kapacita 5000 mAh a hmotnost 268 g. Schéma napájení pohonů robotu je znázorněno na obr. 2.6.



Obr. 2.6 – Schéma napájení pohonů Crawler [1]

2.5 Akumulátor pro napájení řídicího a kamerového subsystému

K napájení řídicího a kamerového subsystému robotu je použit jeden li-pol akumulátor POWER HD, který má napětí 14,8 V a kapacitu 4 100 mAh. Schéma napájení řídicího a kamerového subsystému robotu je znázorněno na obr. 2.7.



Obr. 2.7 – Schéma napájení řídicího a kamerového subsystému robotu [1]

2.6 Experimentální měření proudového odběru

Stanovení proudového odběru z výkonové části, subsystému řízení a z LED přísvisitu kamer bylo provedeno experimentálně (viz. obr. 2.8).



Obr. 2.8 – Experimentální měření proudového odběru

Při experimentálním měření byly naměřeny tyto proudové odběry:

Subsystém řízení: $I_{Sř} = 0,6 \text{ A}$

LED přisvícení: $I_{LED} = 0,13 \text{ A}$

Experimentálně naměřené hodnoty pro výkonovou část:

Regulátor A, Regulátor B: $I_{RA} = I_{RB} = 0,05 \text{ A}$

Servo A, Servo B: $I_{SA} = I_{SB} = 0,5 \text{ A}$

Servo OÚK H, Servo OÚK V: $I_{OH} = I_{OV} = 0,2 \text{ A}$

Motor A, Motor B: $I_{MA} = I_{MB} = 1,5 \text{ A}$

Celkový odběr výkonové části:

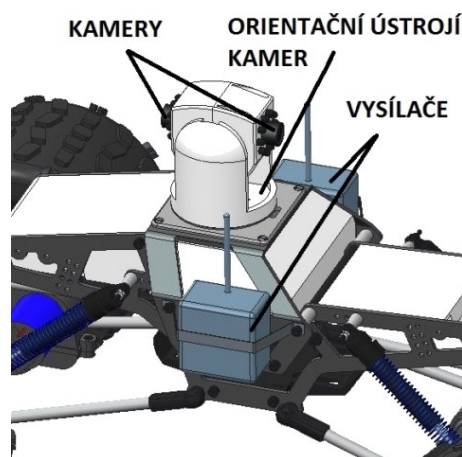
$$I_{CV} = I_{RA} + I_{RB} + I_{SA} + I_{SB} + I_{OH} + I_{OV} + I_{MA} + I_{MB} \quad (1.1)$$

$$I_{CV} = 0,05 + 0,05 + 0,5 + 0,5 + 0,2 + 0,2 + 1,5 + 1,5$$

$$I_{CV} = 4,5 \text{ A}$$

2.7 Kamerový subsystém

Robot Crawler snímá obraz ze dvou analogových kamer Mintron MTV-54K0P, které jsou vůči sobě otočeny o 180° a jsou umístěny v OÚK. OÚK má dva stupně volnosti a k jejich pohonu jsou použity dvě modelářská serva Hitec HS-225. Signál z každé kamery ve video formátu PAL zpracovává samostatný analogový rádiový vysílač GIGAMINIA-T s integrovanou všesměrovou anténou. Vysílač pracuje na frekvenci 2,4 až 2,7835 GHz, bezdrátově přenáší signál na stanici operátora, jeho vysílací výkon je 10 mW a jeho dosah je při přímé viditelnosti až 300 m. Vysílač je také opatřen vstupem pro audio signál, který však mobilní robot Crawler při své činnosti nevyužívá. Stanice operátora je vybavena přijímačem a obrazovkou s analogovým vstupem. Rozmístění kamerového subsystému na robotu je znázorněn na obr. 2.9.[1]



Obr. 2.9 – Rozmístění kamerového subsystému

Základní parametry použité kamery Mintron MTV-54K0P

Video formát:	PAL
Rozlišení:	470 TV řádků
Napájení:	12±2 V DC
Video výstup:	kompozitní video 1.0Všš., 75 Ohm, BNC konektor
Rozměry:	32x32x20 mm
Snímací úhel:	68°
Rozsah pracovních teplot:	-10 až 50 °C

Základní parametry použitého vysílače GIGAMINIA-T

Vysílací výkon:	10 mW
Frekvenční rozsah:	2,4 – 2,4835 GHz
Počet kanálů:	5 volitelných kanálů
Dosah:	v budově: max. 30m (závisí na zdech), při přímé viditelnosti: max. 300m
Video vstup:	kompozitní video, 1.0 Všš., 75 Ohm
Napájení:	12 V DC
Hmotnost:	80 g
Provozní teplota:	-10 °C až + 55°
Provozní vlhkost:	max. 70% relativní (bez kondenzace)

3 Požadavkový list

Pro nové řešení byly specifikovány tyto požadavky a omezení.

3.1 Společné požadavky na akumulátory

- Dostatečná ochrana před nárazy
- Možnost nabíjení nabíječkami dostupnými na katedře

3.2 Požadavky na akumulátor pro napájení výkonové části

- Minimální hmotnost akumulátoru – max. 0,5 kg
- Napětí – 7,4 V
- Rozměry odpovídající prostoru boxu pro akumulátor – max. 137 x 48 x 24 mm
- Kapacita – min. 5 000 mAh
- Doba nabíjení – max. 5 hodin
- Odolnost vůči rázům
- Počet nabíjecích cyklů – min. 800
- Cena – max. 2000,– Kč
- Maximální vybíjecí proud – min. 50 A

3.3 Požadavky na akumulátor pro napájení řídicího a kamerového subsystému

- Minimální hmotnost akumulátoru – max. 0,5 kg
- Rozměry odpovídající prostoru boxu pro akumulátor – max. 137 x 48 x 24 mm
- Kapacita – min. 2 000 mAh
- Doba nabíjení – max. 5 hodin
- Odolnost vůči rázům
- Počet nabíjecích cyklů – min. 800
- Cena – max. 1 500,– Kč
- Napětí – 14,8 V

3.4 Požadavky na přenos obrazu

- Součet hmotností všech komponent – max. 1,7 kg
- Minimální rozlišení přenášeného obrazu – 640 x 480 px
- Datový tok – min. 8 Mb/s
- Způsob bezdrátového přenosu obrazu – wi-fi; 2,4 GHz
- Zorný úhel kamery – min. 60°
- Regulace přísvitu kamery
- Přenosová vzdálenost – min. 70 m
- Zpoždění obrazu – max. 0,5 s
- Cena všech komponent – max. 20000,– Kč
- Snímání obrazu ze dvou kamer zároveň

4 Rešerše dostupných technických prostředků

4.1 Akumulátory

V praxi se pro RC modely či jiné mobilní platformy využívají hlavně čtyři typy akumulátorů: olověné, nikl-kadmiové, nikl-metal hybridové a li-pol. Olověné akumulátory se využívají pro svou schopnost dodávat veliké rázové proudy, proto jsou používány například pro startéry, palivová čerpadla či pro pohony větších modelů. Nikl-kadmiové a nikl-metal hybridové akumulátory se používají k napájení přijímačů a vysílačů nebo pro elektrické pohony. Zatímco nikl-kadmiové jsou schopny dodávat vyšší vybíjecí proud, mají vyšší spolehlivost, delší životnost a jsou levnější, nikl-metal hybridové akumulátory poskytují vyšší kapacitu při zachování stejné velikosti a jsou citlivé na hrubé zacházení. Nejmodernější typ akumulátoru, li-pol, je hojně využíván pro pohon modelů. Mezi jeho hlavní výhody patří nízká hmotnost, dlouhá životnost, velká kapacita vzhledem k jeho hmotnosti, nemá paměťový efekt a je schopen poskytnout vysoký vybíjecí proud. Mezi jeho nevýhody patří vyšší cena, možnost vznícení a výbuchu, nutnost použití speciálního nabíječe pro li-pol akumulátory a citlivost na přesné nabíjení a vybití.[5]

Pro mobilní robot Crawler je nejvhodnější typ akumulátorů li-pol, především kvůli jeho výhodám uvedených výše.

4.1.1 Nabíjení a uchovávání li-pol akumulátorů

Existuje několik hlavních zásad, jak nabíjet li-pol akumulátory. Mezi nejdůležitější z nich je používat nabíječky, které jsou určeny pro tyto akumulátory. Je vhodné používat nabíječku od stejného výrobce jako akumulátor. Při nabíjení více článkové baterie se musí používat balanční konektor, který hlídá každý článek zvlášť a zamezuje, aby byl některý článek podvybitý či přebitý oproti ostatním. Při nabíjení nesmí napětí článku překročit hodnotu 4,2 V/ článek, jinak hrozí exploze akumulátoru a vznik požáru. Také by před nabíjením měl být článek studený, čili neměl by se dát nabíjet hned, jakmile se vyndá ze zařízení, které se právě používalo. Nabíjení akumulátorů se nesmí nikdy provádět bez dozoru. Výhodou je, že akumulátory není třeba před použitím formátovat. Počet nabíjecích cyklů je přibližně 1000 při zachování 60% původní kapacity.[6]

Protože mohou články explodovat z důvodu přebíjení, zkratu, vysoké teploty, mechanického poškození, vysokého nabíjecího proudu nebo jiného nevhodného zacházení, používá se při nabíjení ochranný obal (safe pack), který v případě exploze nepropustí plameny do okolí.[6]

Nedoporučuje se skladovat li-pol akumulátory v modelu, který není právě provozován. Nikdy se nesmí ukládat na přímé sluneční světlo či v prostředí přesahující 50°C. Pro skladování jsou vhodné ochranné obaly nebo kontejnery z nehořlavého materiálu. Akumulátory se skladují v částečně nabitěm stavu (asi na 3,8 V/článek) v prostředí s nízkou vlhkostí, bez korozivních plynů a v bezpečné vzdálenosti od hořlavých materiálů při teplotě -10 až 40°C. Dlouhodobé skladování způsobuje hluboké vybití článků zapříčiněné samovybíjením. Skladují-li se akumulátory po delší dobu než jeden rok, je žádoucí je alespoň jednou v průběhu této doby nabít na úroveň 3,8 V/článek. Při vybití nesmí napětí článku klesnout pod hodnotu 3,0 V, jinak hrozí trvalé poškození akumulátoru.[6]

4.1.2 Nabíječky dostupné na katedře

Na katedře jsou v současné době dostupné dva typy nabíječek.

GRAUPNER – ULTRAMAT 18

GRAUPNER – ULTRAMAT 18 (viz. obr. 4.1) je univerzální nabíječka/vybíječka, která umožňuje nabíjení i vybíjení všech běžných typů akumulátorů. Nabíječka se může napájet buďto 12 V DC nebo 100 – 240 V AC. Je proto vhodná jak pro mobilní, tak stacionární použití. Je chráněná proti zkratu, přetížení a obrácené polaritě. Umožňuje zobrazit vnitřní odpor a napětí jednotlivých článků.[7]



Obr. 4.1 – Nabíječka GRAUPNER – ULTRAMAT 18 [7]

Technické parametry nabíječky jsou znázorněny v tab. 4.1.

Tab. 4.1 Technické parametry nabíječky GRAUPNER – ULTRAMAT 18

Vstupní napětí	11 – 15 V DC nebo 100 – 240 V AC
Nabíjecí proud	0,1 – 20 A
Vybíjecí proud	0,1 – 5 A
Typ akumulátorů a počet článků	NiCd, NiMH 1-30 článků Li-pol, Li-Ion, Li-Fe 1- 12 článků
Nabíjení Pb akumulátorů	2-12 V proudem 0.1 – 20 A
Balancer	Ano
Výkon při nabíjení	300 W
Proud balanceru	300 mA
Rozměry	188x199x66 mm
Hmotnost	1 030 g

Bantam e-STATION BC-6 DualPower

Bantam e-STATION BC-6 DualPower (viz. obr. 4.2) je univerzální nabíječka/vybíječka, která umožňuje nabíjení i vybíjení všech běžných typů akumulátorů. Nabíječka se může napájet buďto 10-18 V DC nebo 100 - 240 V AC. Je proto vhodná jak pro mobilní, tak stacionární použití.



Obr. 4.2- Nabíječka Bantam e-STATION BC-6 DualPower [8]

Technické parametry nabíječky jsou znázorněny v tab. 4.2.

Tab. 4.2 Technické parametry nabíječky e-STATION BC-6 DualPower.

Vstupní napětí	10 – 18 V DC nebo 100 – 240 V AC
Nabíjecí proud	0,1 – 5 A
Vybíjecí proud	0,1 – 1 A
Typ akumulátorů a počet článků	NiCd, NiMH 1–15 článků Li-pol, Li-Ion, Li-Fe 1– 6 článků
Nabíjení Pb akumulátorů	2-20 V
Balancer	Ano
Výkon při nabíjení	300 W
Proud balanceru	300 mA
Rozměry	160x120x40mm
Hmotnost	960 g

4.1.3 Akumulátory pro napájení výkonové části

K pohonu robotu Crawler se použije li-pol akumulátor, zejména pro jeho výše zmíněné výhody. Důležité parametry pro výběr akumulátoru jsou vyšší kapacita, stejné napětí a menší hmotnost, než u dosavadního akumulátoru. Dosavadní akumulátor poskytuje kapacitu: 5000 mAh, napětí: 7,4 V a hmotnost: 298 g. Dalším parametrem je jeho velikost z důvodu využití stávajícího boxu pro akumulátor. Velikost boxu pro akumulátor: 137x46x24 mm. Dle uvedených kritérií bylo vybráno pět akumulátorů.

NOSRAM Competition Car Line 6000 mAh – 7,4V (viz. obr. 4.3) [9]

Parametry vybraného akumulátoru reprezentuje tabulka 4.3.

Tab. 4.3 Parametry akumulátoru NOSRAM Competition Car Line 6000 mAh – 7,4V

Rozměry [mm]	Kapacita [mAh]	Napětí [V]	Váha [g]	Max. Vybíjecí proud [A]	Cena [Kč]
139x47x25,1	6 000	7,4	293	160	1910



Obr. 4.3 – Akumulátor NOSRAM Competition Car Line 6000 mAh – 7,4V [9]

NOSRAM Competition Car Line 5700 mAh – 7,4V (viz. obr. 4.4) [9]

Parametry vybraného akumulátoru reprezentuje tabulka 4.4.

Tab. 4.4 Parametry akumulátoru NOSRAM Competition Car Line 5700 mAh – 7,4V

Rozměry [mm]	Kapacita [mAh]	Napětí [V]	Váha [g]	Max. Vybíjecí proud [A]	Cena [Kč]
139x47x25,1	5 700	7,4	150	160	1 589



Obr. 4.4 – Akumulátor NOSRAM Competition Car Line 5700 mAh – 7,4V [9]

GENS ACE 5300 mAh 7,4V 30C 2S1P (viz. obr. 4.5) [10]

Parametry vybraného akumulátoru reprezentuje tabulka 4.5.

Tab. 4.5 Parametry akumulátoru GENS ACE 5300 mAh 7,4V 30C 2S1P

Rozměry [mm]	Kapacita [mAh]	Napětí [V]	Váha [g]	Max. Vybíjecí proud [A]	Cena [Kč]
138,5x46,5x24,5	5 300	7,4	270	159	1 042



Obr. 4.5 – Akumulátor GENS ACE 5300 mAh 7,4V 30C 2S1P [10]

CAR BLACK MAGIC 7,4V 6000 mAh 30C (viz. obr. 4.6) [10]

Parametry vybraného akumulátoru reprezentuje tabulka 4.6.

Tab. 4.6 Parametry akumulátoru CAR BLACK MAGIC 7,4V 6000mAh 30C

Rozměry [mm]	Kapacita [mAh]	Napětí [V]	Váha [g]	Max. Vybíjecí proud [A]	Cena [Kč]
135x43,5x23,5	6 000	7,4	290	290	1 839



Obr. 4.6 – Akumulátor CAR BLACK MAGIC 7,4V 6000mAh 30C [10]

ZIPPY GLIGHTMAX 5700 mAh 50C 7,4V (viz. obr. 4.7) [11]

Parametry vybraného akumulátoru reprezentuje tabulka 4.7.

Tab. 4.7 Parametry akumulátoru ZIPPY GLIGHTMAX 5700 mAh 50C 7,4V

Rozměry [mm]	Kapacita [mAh]	Napětí [V]	Váha [g]	Max. Vybíjecí proud [A]	Cena [Kč]
138x46x25	5 700	7,4	324	285	1 839



Obr. 4.7 – Akumulátor ZIPPY GLIGHTMAX 5700 mAh 50C 7,4V [11]

4.1.4 Akumulátory pro napájení řídicího a kamerového subsystému

I zde se použije akumulátor typu li-pol, zejména kvůli jeho malé velikosti a hmotnosti v porovnání s ostatními typy. K napájení řídicího a kamerového subsystému mobilního robota Crawler je použit jeden li-pol akumulátor POWER HD, který má napětí 14,8V a kapacitu 4 100mAh. Hlavním parametrem pro hledání akumulátoru pro napájení řídicího a kamerového subsystému je malá hmotnost při dostatečné kapacitě. Dle uvedených kritérií bylo vybráno pět akumulátorů.

GENS ACE 4S 2200mAh 14,8V 4S1P 25C (viz. obr. 4.8) [12]

Parametry vybraného akumulátoru reprezentuje tabulka 4.8.

Tab. 4.8 Parametry akumulátoru GENS ACE 4S 2200mAh 14,8V 4S1P 25C

Rozměry [mm]	Kapacita [mAh]	Napětí [V]	Váha [g]	Cena [Kč]
106x35x34	2 200	14,8	249	809



Obr. 4.8 – Akumulátor GENS ACE 4S 2200mAh 14,8V 4S1P 25C [12]

AGAPOWER 4S 30C 2600mAh (viz. obr. 4.9) [13]

Parametry vybraného akumulátoru reprezentuje tabulka 4.9.

Tab. 4.9 Parametry akumulátoru AGAPOW 4S 30C 2600mAh

Rozměry [mm]	Kapacita [mAh]	Napětí [V]	Váha [g]	Cena [Kč]
134x35x22	2 600	14,8	278	1 120



Obr. 4.9 – Akumulátor AGAPOW 4S 30C 2600mAh [13]

Power X5 3700 mAh 4S 35C (viz. obr. 4.10) [14]

Parametry vybraného akumulátoru reprezentuje tabulka 4.10.

Tab. 4.10 Parametry Akumulátor Power X5 3700 mah 4S 35C

Rozměry [mm]	Kapacita [mAh]	Napětí [V]	Váha [g]	Cena [Kč]
133x43x28	3 700	14,8	372	1 183



Obr. 4.10 – Akumulátor Power X5 3700 mAh 4S 35C [14]

Power X6 4200 mAh 4S 35C (viz. obr. 4.11) [15]

Parametry vybraného akumulátoru reprezentuje tabulka 4.11.

Tab. 4.11 Parametry akumulátoru Power X6 4200 mah 4S 35C

Rozměry [mm]	Kapacita [mAh]	Napětí [V]	Váha [g]	Cena [Kč]
130x43x28	4 200	14,8	381	1 264



Obr. 4.11 – Akumulátor Power X6 4200 mAh 4S 35C [15]

4.2 Bezdrátový přenos obrazu z robotu

Existuje několik možností jak zajistit bezdrátový přenos obrazu z kamer robotu k operátorovi. Může se přitom využít dvou druhů přenosu: digitální nebo analogový. Mezi základní výhody analogového přenosu patří nízká cena pořizovaných zařízení, minimální zpoždění obrazu, možnost obrovského výběru kamer s rozličnými tvary i rozměry. Další výhodou je, že při zobrazování obrazu na analogový displej se v případě rušení jen pozvolna ztrácí obraz, zatímco kdyby se obraz zobrazoval na digitálním displeji, pak se v případě větších rušení a menších výpadcích signálu obraz ztrácí, a může několik sekund trvat, než se znovu obraz na displeji objeví. K hlavním nevýhodám analogového přenosu patří slabá ochrana proti rušení a pevně stanovená největší kvalita (dáno normou přenášeného obrazu). Digitální přenos má ty výhody, že poskytuje lepší kvalitu obrazu, má větší ochranu proti rušení, umožňuje šifrování signálu a je snadné další digitální zpracování. K jeho hlavní nevýhodě patří vyšší cena pořizovaných zařízení. [16]

Pro snímání obrazu se nejčastěji využívají tři typy kamer: analogová, IP a kamera s USB výstupem. Dle požadavkového listu se pro bezdrátový přenos obrazu z robotu k operátorovi použije wi-fi router. Dle požadavků je potřeba přenášet obraz z obou kamer zároveň, a tak se před wi-fi router zařadí switch nebo PC. Při použití analogových kamer bude potřeba nejprve převést analogový signál na digitální. K tomuto účelu slouží video enkodéry.

4.2.1 Wi-fi routery

Pro bezdrátový přenos obrazu z robotu k operátorovi bude použit wi-fi router. Vstup do wi-fi routeru je ethernetový kabel s koncovkou RJ-45. Na trhu bylo vyhledáno pět wi-fi routerů, které splňovaly požadavky zadané v požadavkovém listu.

Tenda N150 (viz. obr. 4.12) [17]

Napájení: 9 V DC; 0,6 A

Rozměry: 270x200x60 mm

Hmotnost: 260 g

Lan porty: 3x RJ-45 10/100 Mb/s

Přenosová rychlost: 150 Mb/s

Anténa: 1x externí 5dBi neodpojitelná

Cena: 339,- Kč



Obr. 4.12 – Tenda N150 [17]

TendaW311R+ (viz. obr. 4.13) [18]

Napájení: 9 V DC; 0,6 A

Rozměry: 30x160x102 mm

Hmotnost: 186 g

Lan porty: 4x RJ-45 10/100 Mb/s

Přenosová rychlost: 150 Mb/s

Anténa: 1x externí 5 dBi odpojitelná s konektorem RP-SMA

Cena: 379,- Kč



Obr. 4.13 – Tenda W311R+ [18]

Asus WL-330N3G (viz. obr. 4.14) [19]

Napájení: 5 V DC; 2 A

Rozměry: 12,8x38,9x90 mm

Hmotnost: 120 g

Lan porty: 1x RJ-45 10/100 Mb/s

Přenosová rychlost: 150 Mb/s

Anténa: 1x interní 2,6 dBi

Cena: 949,- Kč



Obr. 4.14 – Asus WL-330N3G [19]

ZyXEL WAP3205 (viz. obr. 4.15) [20]

Napájení: 12 V DC; 1 A

Rozměry: 273x230x68 mm

Hmotnost: 245 g

Lan porty: 2x RJ-45 10/100 Mb/s

Přenosová rychlost: 150 Mb/s

Anténa: 2x externí odnímatelné 5 dBi

Cena: 989,– Kč



Obr. 4.15 – ZyXEL WAP3205 [20]

Tenda N3 (viz. obr. 4.16) [21]

Napájení: 9 V DC; 0,6 A

Rozměry: 25x95x112 mm

Hmotnost: 89 g

Lan porty: 1x RJ-45 10/100 Mb/s

Přenosová rychlost: 150 Mb/s

Anténa: 1x externí neodnímatelná 5 dBi

Cena: 299,– Kč



Obr. 4.16 – Tenda N3 [21]

4.2.2 Video enkodéry

Video servery, neboli video enkodéry, slouží k převodu analogového video či audio signálu do digitálního formátu. Na trhu bylo vyhledáno pět video enkodérů, které splňovaly požadavky zadané v požadavkovém listu.

Comnet CNVETX1 (viz. obr. 4.17) [22]

Napájení: 12 V DC; 0,5 A nebo PoE (48 V DC)

Rozměry: 88,5x66,2x42,6 mm

Hmotnost: 250 g

Počet video vstupů: 1

Maximální rozlišení: 720x576 px

Přenosová rychlost: 20 Mb/s

Komprese: H.264, MPEG-4, MPEG-2, MJPEG

Cena: 15 000,– Kč



Obr. 4.17 – Comnet CNVETX1 [22]

AXIS M7001 (viz. obr. 4.18) [23]

Napájení: PoE (48 V DC)

Rozměry: 30,1x37,4x101 mm

Hmotnost: 82 g

Počet video vstupů: 1

Maximální rozlišení: 720x576 px

Počet snímků při max. rozlišení: 25 fps

Kompresa: H.264, MJPEG

Cena: 6 232,– Kč



Obr. 4.18 – AXIS M7001 [23]

SPE-101P (viz. obr. 4.19) [24]

Napájení: PoE (48 V DC) nebo 12 V DC/ 3,2 W

Rozměry: 29x43x96 mm

Hmotnost: 115 g

Počet video vstupů: 1

Maximální rozlišení: 704x576 px

Počet snímků při max. rozlišení: 25 fps

Kompresa: H.264, MPEG-4, MJPEG

Cena: 5 255,– Kč



Obr. 4.19 – SPE-101P [24]

AXIS Q7401 (viz. obr. 4.20) [25]

Napájení: PoE (48 V DC) nebo 8 – 20 V DC/ 7,2 W

Rozměry: 32,1x98,9x128,7 mm

Hmotnost: 335 g

Počet video vstupů: 1

Maximální rozlišení: 720x576 px

Počet snímků při max. rozlišení: 25 fps

Kompresa: H.264, MJPEG

Cena: 10 273,– Kč



Obr. 4.20 – AXIS Q7401 [25]

VIVOTEK VS8100 (viz. obr. 4.21) [26]

Napájení: 12 V DC ; 5 W

Rozměry: 25x34x65 mm

Hmotnost: 64 g

Počet video vstupů: 1

Maximální rozlišení: 720x576 px

Počet snímků při max. rozlišení: 25 fps

Kompresa: H.264, MJPEG

Cena: 2 940,– Kč



Obr. 4.21 – VIVOTEK VS8100 [26]

4.2.3 Switche

K propojení mezi routerem a jednotlivými prvky s ethernetovým výstupem bude použit switch. Na trhu bylo vyhledáno pět switchů, které splňovaly požadavky zadané v požadavkovém listu.

TP-LINK TL-SF1005D (viz. obr. 4.22) [27]

Napájení: 5V DC; 0,6 A

Rozměry: 104x70x22mm

Hmotnost: 120g

Lan porty: 5x RJ-45 10/100 Mb/s

Cena: 219,– Kč



Obr. 4.22 – TP-LINK TL-SF1005D [27]

MCad 314600 (viz. obr. 4.23) [28]

Napájení: 9 V DC; 0,6 A

Rozměry: 87x24x102 mm

Hmotnost: 300 g

Lan porty: 5x RJ-45 10/100 Mb/s

Cena: 2 800,– Kč



Obr. 4.23 – MCad 314600 [28]

Tenda S5 (viz. obr. 4.24) [29]

Napájení: 9 V DC; 0,6 A

Rozměry: 24,8x95x87,2 mm

Hmotnost: 75g

Lan porty: 5x RJ-45 10/100 Mb/s

Cena: 169,– Kč



Obr. 4.24 – Tenda S5 [29]

D-Link GO-SW-5E (viz. obr. 4.25) [30]

Napájení: 5 V DC; 0,55 A

Rozměry: 87x48x22 mm

Hmotnost: 105g

Lan porty: 5x RJ-45 10/100 Mb/s

Cena: 199,– Kč



Obr. 4.25 – D-Link GO-SW-5E [30]

Zyxel ES-105E (viz. obr. 4.26) [31]

Napájení: 9 V DC; 0,6 A

Rozměry: 28x142x87 mm

Hmotnost: 125g

Lan porty: 5x RJ-45 10/100 Mb/s

Cena: 209,– Kč



Obr. 4.26 – Zyxel ES-105E [31]

4.2.4 PC pro zpracování signálu z kamer

PC, které bude zpracovávat signál z kamer a přeposílat jej po ethernetovém standardu do wi-fi routeru, by mělo být vybaveno alespoň 1 GHz procesorem a alespoň 2 GB RAM[4]. Na trhu byly vyhledány tři PC, které splňovaly požadavky.

Intel NUC DCCP847 (viz. obr. 4.27) [32]

Napájení: 19 V DC; 3,5 A

Rozměry: 117x112x39 mm

Procesor: Intel Celeron 847 (1,1 GHz)

Cache procesoru: 1 MB

Počet jader procesoru: 2x



Obr. 4.27 – Intel NUC DCCP847 [32]

Model grafické karty: Intel HD Graphics

Pevný disk: 1x slot mini PCIe pro připojení mini PCIe/mSATA disku

Operační paměť: 2 sloty pro SO-DIMM DDR3 1066/1333 MHz, max. 16 GB

Operační systém: Bez operačního systému

Komunikace: LAN Intel 10/100/1000 Mbit

Rozhraní: 1x RJ-45, 2x HDMI, 3x USB 2.0

Váha: 1,25 kg

Cena: 4 559,- Kč

Intel NUC 5I5RYK (viz. obr. 4.28) [33]

Napájení: 19 V DC; 3,5 A

Rozměry: 115x111x33 mm

Procesor: Intel Core i5 5250U (1,6 GHz)

Cache procesoru: 3 MB

Počet jader procesoru: 2x

Model grafické karty: Intel HD Graphics

Pevný disk: SSD

Operační paměť: 2 sloty pro DDR3L, max. 16 GB

Operační systém: Bez operačního systému

Komunikace: LAN Intel 10/100/1000 Mbit

Rozhraní: 1x RJ-45, mini HDMI, mini DisplayPort, 4x USB 3.0

Váha: 1,77 kg

Cena: 10 999,- Kč



]

Intel NUC 5I3RYK (viz. obr. 4.29) [34]

Napájení: 19 V DC; 3,5 A

Rozměry: 115x111x33 mm

Procesor: Intel Core i5 2010U (2,1 GHz)

Cache procesoru: 3 MB

Počet jader procesoru: 2x

Model grafické karty: Intel HD Graphics 5500

Pevný disk: SSD

Operační paměť: 2 sloty pro DDR3L, max. 16 GB



Obr. 4.29 – Intel NUC 5I3RYK [34]

Operační systém: Bez operačního systému

Rozhraní: 1x RJ-45, mini HDMI, mini DisplayPort, 4x USB 3.0, 2x USB 2.0

Váha: 1,25 kg

Cena: 8 199,– Kč

4.3 Kamery

Pro snímání obrazu existuje nepřeberné množství kamer rozličných velikostí, tvarů, kvality snímaného obrazu, úhlů záběrů, možností stabilizací obrazů, automatických zaostřování, automatických uzávěrek a spousty dalších parametrů a přidanych funkcí. Kvalita snímaného obrazu však závisí především na třech aspektech. První je dobré osvětlení a kompozice snímaného objektu. Druhé je optika, čili objektiv kamery. Ke třetí se řadí kvalita zobrazovacího čipu.[2]

Následující řešerše se zabývá pouze třemi typy barevných kamer, a to analogových kamer, IP kamer a kamer s USB výstupem.

4.3.1 Analogové kamery

Na trhu bylo vyhledáno pět analogových kamer, které splňovaly požadavky zadané v požadavkovém listu. Jedním z parametrů pro vyhledání vhodných kamer je kompozitní video výstup, neboť se bude obraz z kamery dále zpracovávat video enkodérem pro tento druh rozhraní.

EN-PCB-65-28 (viz. obr. 4.30) [35]

Napájení: 12 V DC; 0,3 A

Rozměry: 32x32x28 mm

Obrazový senzor: Sony Super HAD CCD 1/3“

Snímací úhel: 85°

Možnost výměny objektivu: ano

TV systém: PAL

Horizontální rozlišení: 600 TV řádek

Video výstup: kompozitní video, 1.0Všš., 75Ohm, BNC

Cena: 840,– Kč



Obr. 4.30 – EN-PCB-65-28 [35]

EN-PCB-65-P37 (viz. obr. 4.31) [36]

Napájení: 12 V DC; 0,3 A

Rozměry: 32x32x12 mm

Obrazový senzor: Sony Super HAD CCD 1/3“

Snímací úhel: 60°

Možnost výměny objektivu: ne

TV systém: PAL

Horizontální rozlišení: 600 TV řádek

Video výstup: kompozitní video, 1.0Všš., 75Ohm, BNC

Cena: 840,- Kč



Obr. 4.31 – EN-PCB-65-P37 [36]

QH-155CCD (viz. obr. 4.32) [37]

Napájení: 12 V DC; 0,5 A

Rozměry: 32x32x28 mm

Obrazový senzor: 2. generace CCDII 760H Sony Super HAD 1/3“

Snímací úhel: 80°

Možnost výměny objektivu: ano

TV systém: PAL

Horizontální rozlišení: 540 TV řádek

Video výstup: kompozitní video, 1.0Všš., 75Ohm, BNC

Cena: 1 692,- Kč



Obr. 4.32 – QH-155CCD [37]

MTV-54K0P (viz. obr. 4.33) [38]

Napájení: 12 V DC; 0,08 A

Rozměry: 32x32x32 mm

Obrazový senzor: CCD IT 1/4 “

Snímací úhel: 68°

Možnost výměny objektivu: ano

TV systém: PAL

Horizontální rozlišení: 470 TV řádek

Video výstup: kompozitní video, 1.0Všš., 75Ohm, BNC

Cena: dostupné na katedře



Obr. 4.33 – MTV-54K0P [38]

VM32-HQX (viz. obr. 4.34) [39]

Napájení: 12 V DC; 0,13 A

Rozměry: 32x32x35 mm

Obrazový senzor: 3. generace HQX Sony 1/3 “

Snímací úhel: 70°

Možnost výměny objektivu: ano

TV systém: PAL

Horizontální rozlišení: 580 TV řádek

Video výstup: kompozitní video, 1.0Všš., 75Ohm, BNC

Cena: 3 948,– Kč



Obr. 4.34 – VM32-HQX [39]

4.3.2 IP kamery

Kamery IP využívají pro komunikaci s ostatními prvky počítačovou síť IP. Vyrábějí se s různými snímacími prvky, které mohou poskytovat rozlišení CIF až po 8 MPx. Nejčastěji IP kamery obsahují snímací prvek CMOS. Z kamer vede ethernetový kabel UTP s koncovkou RJ-45 [40].

Na trhu bylo vyhledáno pět kamer s ethernetovým výstupem, které splňovaly požadavky zadané v požadavkovém listu.

D-Link DCS-930L (viz. obr. 4.35) [41]

Napájení: 5 V DC; 1,2 A

Rozměry: 126x66x65 mm

Obrazový senzor: CMOS 1/5“

Snímací úhel: 45°

Minimální osvětlení: 1 Lux

Možnost výměny objektivu: ne

Formát videa: M-JPEG

Rozlišení: 640x480 px

Video výstup: 1x RJ-45 10/100 Mbps

Váha: 77 g

Cena: 1 099,– Kč



Obr. 4.35 – D-Link DCS-930L [41]

TP-LINK TL-SC3230 (viz. obr. 4.36) [42]

Napájení: 12 V DC; 0,25 A

Rozměry: 75x55x35 mm

Obrazový senzor: CMOS 1/4“

Snímací úhel: 46°

Minimální osvětlení: 0,5 Lux

Možnost výměny objektivu: ne

Formát videa: M-JPEG, MPEG-4, H.264, 3GPP

Rozlišení: 1280x1024 px

Video výstup: 1x RJ-45 10/100 Mbps

Váha: 82 g

Cena: 2 047,– Kč



Obr. 4.36 – TP-LINK TL-SC3230 [42]

Gadinan SONY IMX 2222 (viz. obr. 4.37) [43]

Napájení: 12 V DC; 1 A

Rozměry: 38x38x60 mm

Obrazový senzor: Sony CMOS 1/2.8“

Snímací úhel: 80°

Minimální osvětlení: 1 Lux

Možnost výměny objektivu: ano

Formát videa: AVI, H.264

Rozlišení: 1600x1200 px

Video výstup: 1x RJ-45 10/100 Mbps

Váha: 40 g

Cena: 14 486,–Kč



Obr. 4.37 – Gadinan SONY IMX 2222 [43]

ACTI ACM 5601 (viz. obr. 4.38) [44]

Napájení: 12 V DC; 0,28 A

Rozměry: 130x67x55 mm

Obrazový senzor: MicronSuper CMOS 1/3“

Snímací úhel: 70°

Minimální osvětlení: 0,5 Lux

Možnost výměny objektivu: ano
 Formát videa: M-JPEG, MPEG-4
 Rozlišení: 640x480 px
 Video výstup: 1x RJ-45 10/100 Mbps
 Váha: 400 g
 Cena: 8 400,– Kč



Obr. 4.38 – ACTI ACM 5601 [44]

DFM 25G445-ML (viz. obr. 4.39) [45]

Napájení: 12 V DC; 0,6 A
 Rozměry: 45x45x20 mm
 Obrazový senzor: SONY CCD 1/3“
 Snímací úhel: 80°
 Minimální osvětlení: 0,05 Lux
 Možnost výměny objektivu: ano
 Formát videa: M-JPEG, MPEG-4
 Rozlišení: 1280x960 px
 Video výstup: 1x RJ-45 10/100 Mbps
 Váha: 30 g
 Cena: 8 960,– Kč



Obr. 4.39 – DFM 25G445-ML [45]

4.3.3 Kamery s USB výstupem

Kamery s USB výstupem jsou vhodné pro přímé připojení do PC. Na trhu bylo vyhledáno pět kamer s USB výstupem, které splňovaly požadavky zadané v požadavkovém listu.

DFK 42BUC03 (viz. obr. 4.40) [46]

Napájení: 5 V DC; 0,25 A
 Rozměry: 36x36x25mm
 Obrazový senzor: Micron CMOS 1/3“
 Snímací úhel: 70°
 Minimální osvětlení: 5 Lux
 Možnost výměny objektivu: ANO
 Formát videa: VGA
 Rozlišení: 1280x960 px



Obr. 4.40 – DFK 42BUC03 [46]

Video výstup: USB 2.0

Váha: 70 g

Cena: 8 710,– Kč

DFK 31BUC03.H (viz. obr. 4.41) [47]

Napájení: 5 V DC; 0,5 A

Rozměry: 51x51x56 mm

Obrazový senzor: Sony CCD 1/3“

Snímací úhel: 70°

Minimální osvětlení: 0,15 Lux

Možnost výměny objektivu: ANO

Formát videa: VGA

Rozlišení: 1024x768 px

Video výstup: USB 2.0

Váha: 265 g

Cena: 14 200,– Kč

DFM 42BUC03-ML (viz. obr. 4.42) [48]

Napájení: 5 V DC; 0,25 A

Rozměry: 30x30x15 mm

Obrazový senzor: Micron CMOS 1/3“

Snímací úhel: 70°

Minimální osvětlení: 2 Lux

Možnost výměny objektivu: ANO

Formát videa: VGA

Rozlišení: 1280x960 px

Video výstup: USB 2.0

Váha: 30 g

Cena: 7 070,– Kč

DFM 31BU03-ML (viz. obr. 4.43) [49]

Napájení: 5 V DC; 0,5 A

Rozměry: 50x50x56 mm

Obrazový senzor: Micron CMOS 1/3“

Snímací úhel: 70°



Obr. 4.41 – DFK 31BUC03.H [47]



Obr. 4.42 – DFM 42BUC03-ML [48]



Obr. 4.43 – DFM 31BU03-ML [49]

Minimální osvětlení: 0,15 Lux

Možnost výměny objektivu: ANO

Formát videa: VGA

Rozlišení: 1024x768 px

Video výstup: USB 2.0

Váha: 165 g

Cena: 11 750,– Kč

UI-1241LE-C (viz. obr. 4.44) [50]

Napájení: 5 V DC; 0,5 A

Rozměry: 36x36x20 mm

Obrazový senzor: CMOS 1/3“

Snímací úhel: 60°

Minimální osvětlení: 0,15 Lux

Možnost výměny objektivu: ANO

Formát videa: VGA

Rozlišení: 1280x1024 px

Video výstup: USB 2.0

Váha: 20 g

Cena: není uvedena



Obr. 4.44 – UI-1241LE-C [50]

5 Varianty řešení

5.1 Výběr akumulátorů pro napájení výkonové části

Dle současného nabízeného sortimentu na českém trhu bylo vyhledáno několik akumulátorů, které splňují parametry stanovené v požadavkovém listu. Parametry těchto akumulátorů zobrazuje tabulka 5.1.

Tab. 5.1 Parametry akumulátorů pro napájení výkonové části

Akumulátor	Kapacita [mAh]	Váha [g]	Cena [Kč]	Max. vybíjecí proud [A]	Rozměry [mm]	Napětí [V]
1*	6 000	293	1 910	160	139x47x25,1	7,4
2*	5 700	150	1 589	160	139x47x25,1	7,4
3*	5 300	270	1 042	159	138,5x46,5x24,5	7,4
4*	6 000	290	1 839	290	135x43,5x23,5	7,4
5*	5 700	324	1 839	285	138x46x25	7,4

1* – NOSRAM Competition Car Line 6000 – 7,4V [9]

2* – NOSRAM Competition Car Line 5700 – 7,4V [10]

3* – GENS ACE 5300mAh 7,4V 30C 2S1P [11]

4* – Car Black Magic 7,4V 6000mAh 30C TRAXXAS [12]

5* – ZIPPY GLIGHTMAX LIPOL 5700 mAh 50C 7,4V [13]

Dle tabulky 4.1 je vidět, že jako nejvhodnějším akumulátorem pro napájení výkonové části je NOSRAM Competition Car Line 5700 – 7,4V. Poskytuje totiž při minimální váze dostatečnou kapacitu a maximální vybíjecí proud, který sice z nabízených není největší, ale pro svůj účel vyhovuje. Také cenově je druhý nejvýhodnější a jeho rozměry jsou ideální pro uložení do boxu pro akumulátory.

5.2 Výběr akumulátorů pro napájení řídicího a kamerového subsystému

Také zde bylo dle současného nabízeného sortimentu na českém trhu vyhledáno několik akumulátorů, které splňují parametry stanovené v požadavkovém listu. Parametry těchto akumulátorů zobrazuje tabulka 5.2.

Tab. 5.2 Parametry akumulátorů pro napájení řízení a kamer

Akumulátor	Kapacita [mAh]	Váha [g]	Cena [Kč]	Rozměry [mm]	Napětí [V]
1*	2 200	249	809	106x35x34	14,8
2*	2 600	278	1 120	134x35x22	14,8
3*	3 700	372	1 183	133x43x28	14,8
4*	4 200	381	1 264	130x43x28	14,8

1* – GensAceLiPo – 4S 2200 mAh 14,8V 4S1P 25C [12]

2* – AGAPOWER 4S 30C 2600mAh [13]

3* – Power X5 3700mAh4S 35C [14]

4* – Power X6 4200 mAh 4S 35C [15]

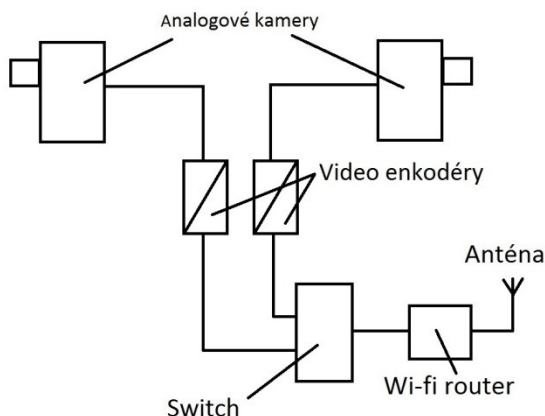
Pro výběr vhodného akumulátoru byla rozhodující jeho kapacita. Dle tabulky 4.2 je vidět, že akumulátor Power X6 4200 mAh 4S 35C poskytuje nejvyšší kapacitu. Jeho hmotnost je sice nejvyšší z nabízených, je však vyhovující. Jeho rozměry jsou ideální pro uložení do boxu pro akumulátory.

5.3 Způsob přenosu obrazu z kamery k operátorovi

5.3.1 Varianta A - přenos obrazu z analogových kamer

Jeden ze způsobů snímání obrazu a jeho bezdrátového přenosu z robotu k operátorovi je při použití analogových kamer, video enkodérů, switche a wi-fi routeru. Analogové kamery jsou dvě, umístěny v OÚK a pootočený vůči sobě o 180°. Analogové výstupy z kamer jsou pomocí video enkodérů převedeny na digitální. Z důvodu potřeby snímat obraz z obou kamer zároveň, se výstupy ve formě ethernetového standardu z video enkodérů připojí na switch a

z něj se také pomocí ethernetového standardu připojí na wi-fi router. Celé schéma je zobrazeno na obr.5.1.



Obr. 5.1 – Zjednodušené schéma přenosu snímání obrazu pomocí analogových kamer

Výběr wi-fi routeru

Důležité parametry vybraných wi-fi routerů z rešerše byly pro lepší přehlednost sepsány v tabulce 5.3.

Tab. 5.3 Parametry vybraných wi-fi routerů

Typ	Rozměry [mm]	Hmotnost [g]	Počet Lan portů [ks]	Anténa	Cena [Kč]
Tenda N150	60x200x 270	260	3	1x externí 5dBi	339
Tenda W311R+	30x102x160	186	4	1x externí 5dBi	379
Asus WL-330N3G	12,8x38,9x90	120	1	1x interní 2.6 dBi	949
ZyXEL WAP3205	68x230x273	245	2	2x externí 5dBi	989
Tenda N3	25x95x112	89	1	1x externí 5dBi	299

Při výběru wi-fi routeru se přihlíželo k minimální hmotnosti a rozměrům. Ty nejlépe splňují wi-fi routery Asus WL-330N3G a Tenda N3. Protože Asus WL-330N3G je vybaven pouze interní anténou, u které by nebyl dosah wi-fi signálu tak velký, byl vybrán jako nejlepší wi-fi router Tenda N3, který obsahuje jednu neodnímatelnou externí anténu.

Výběr video enkodéru

Důležité parametry vybraných video enkodérů z rešerše byly pro lepší přehlednost sepsány v tabulce 5.4.

Tab. 5.4 Parametry vybraných video enkodérů

Typ	Rozměry [mm]	Hmotnost [g]	Napájení [V]	Cena [Kč]
ComNet CNVETX1	42,6x66,2x88,5	250	DC 12 nebo DC 48	15 000
AXIS M7001	30,1x37,4x101	82	DC 48	6 232
SPE-101P	29x43x96	115	DC 12 nebo DC 48	5 255
AXIS Q7401	32,1x98,9x128,7	335	DC 8-20 nebo DC48	10 273
VIVOTEK VS8100	25x34x65	64	DC 12	2 940

Při výběru video enkodéru se přihlíželo k minimální hmotnosti, rozměrům a způsobu napájení. Všechny tyto parametry nejlépe splňuje video enkodér VIVOTEK. Z důvodu potřeb přenosu obrazu ze dvou kamer současně, je potřeba použít dva tyto video enkodéry.

Výběr switche

Důležité parametry vybraných switchů z rešerše byly pro lepší přehlednost sepsány v tabulce 5.5.

Tab. 5.5 Parametry vybraných Switchů

Typ	Rozměry [mm]	Hmotnost [g]	Počet lan portů [ks]	Napájení [V]	Cena [Kč]
TP-LINK TL-SF1005D	104x70x22	120	5	5	219
MCad 314600	87x24x102	300	5	9	2 800
Tenda S5	25x95x88	75	5	9	169
D-Link GO-SW-5E	87x48x22	105	5	5	199
Zyxel ES-105E	28x142x87	125	5	9	209

Při výběru switche se přihlíželo k minimální hmotnosti a rozměrům. Tyto parametry jednoznačně splňuje switch Tenda S5.

Výběr analogové kamery

Důležité parametry vybraných analogových kamer z rešerše byly pro lepší přehlednost sepsány v tabulce 5.6.

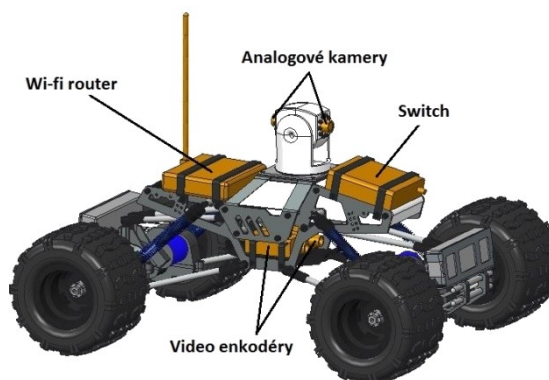
Tab. 5.6 Parametry vybraných kamer s analogovým výstupem

Typ	Rozměry [mm]	Horizontální rozlišení [TV řádek]	Obrazový senzor [-]	Snímací úhel [°]	Možnost výměny objektivu [-]	Cena [Kč]
EN-PCB-65-28	32x32x28	600	Sony Super HAD CCD 1/3“	85	ANO	840
EN-PCB-65-P37	32x32x12	600	Sony Super HAD CCD 1/3“	60	NE	840
QH-155CCD	32x32x28	540	2. generace CCDII 760H Sony Super HAD 1/3“	80	NE	1692
MTV-54K0P	32x32x32	470	CCD IT 1/4 “	68	ANO	Dostupné na katedře
VM32-HQX	32x32x35	580	3. generace HQX Sony 1/3 “	70	ANO	3 948

Při výběru vhodné kamery s analogovým výstupem bylo rozhodnuto k použití stávajících kamer MTV-54K0P, které již mobilní robot Crawler používá.

Umístění vybraných komponent

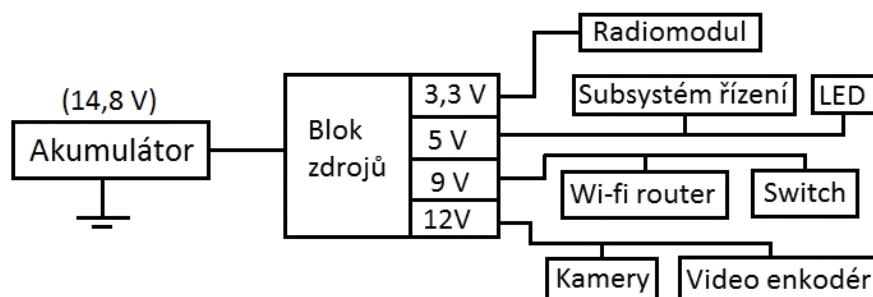
Na obr. 5.2 je vidět rozmístění komponent potřebných pro přenos obrazu z kamer s analogovým výstupem.



Obr. 5.2 – Rozmístění komponent pro přenos obrazu z analogové kamery

Schéma napájení řídicího a kamerového subsystému

Z důvodu, že jednotlivé komponenty pro řídicí a kamerový subsystém z analogových kamer vyžadují rozdílná napájecí napětí, je nutno vyřešit blok zdrojů s oddělenými zdroji napětí (viz. obr. 5.3), která budou jednotlivým komponentám dodávat požadované napětí.



Obr. 5.3 – Schéma napájení při použití analogových kamer

Proudový odběr

Pro stanovení doby provozu robotu při napájení řídicího a kamerového subsystému se vypočte celkový proudový odběr.

Proudový odběr vybraných komponent:

Wi-fi router: $I_{wf} = 0,6 \text{ A}$

Switch: $I_{sw} = 0,13 \text{ A}$

Analogová kamera: $I_{kam} = 0,08 \text{ A}$

Video enkodér: $I_{ve} = 0,4 \text{ A}$

Radiomodul: $I_{rm} = 0,02 \text{ A}$

Subsystém řízení: $I_{sr} = 0,6 \text{ A}$

LED přisvícení: $I_{LED} = 0,13 \text{ A}$

Celkový odebíraný proud při použití kamerového subsystému s analogovými kamerami:

$$I_{CA} = I_{wf} + I_{sw} + 2 \cdot I_{Akam} + 2 \cdot I_{ve} + I_{rm} + I_{sř} + I_{LED} \quad (1.2)$$

$$I_{CA} = 0,6 + 0,13 + 2 \cdot 0,08 + 2 \cdot 0,4 + 0,02 + 0,6 + 0,13$$

$$I_{CA} = 2,44 \text{ A}$$

Výpočet hmotnosti

Hmotnost jednotlivých komponent kamerového subsystému:

Wi-fi router: $m_{wf} = 0,089 \text{ kg}$

Switch: $m_{sw} = 0,075 \text{ kg}$

Video enkodér: $m_{ve} = 0,064 \text{ kg}$

U vybrané analogové kamery výrobce neudává její hmotnost, byla tedy odhadnuta s ohledem na hmotnost jiných, podobných kamer. $m_{Akam} = 0,03 \text{ kg}$

Celková hmotnost:

$$m_{CA} = m_{wf} + m_{sw} + 2 \cdot m_{Akam} + 2 \cdot m_{ve} \quad (1.3)$$

$$m_{CA} = 0,089 + 0,075 + 2 \cdot 0,03 + 2 \cdot 0,064$$

$$m_{CA} = 0,352 \text{ kg}$$

Stanovení celkové ceny

Cena jednotlivých komponent a výsledná cena jsou znázorněny v tabulce 5.7

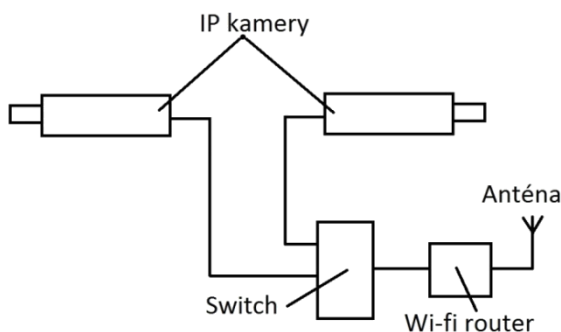
Tab. 5.7 – Ceny použitých komponent

Prvek	Cena [Kč]
Wi-fi router	299
Switch	169
Analogová kamera	2x0
Video enkodér	2x 2940
Celková cena	6 348

5.3.2 Varianta B - přenos obrazu z IP kamer

Dalším způsobem snímání obrazu a jeho bezdrátového přenosu z robotu k operátorovi je použití IP kamer, switche a wi-fi routeru. IP kamery jsou dvě, umístěny v OÚK a pootočený

vůči sobě o 180°. Digitální signály z IP kamer jsou pomocí ethernetového standardu vedeny do switchu a z něj se taktéž pomocí ethernetového standardu připojí na wi-fi router. Celé schéma je zobrazeno na obr.5.4.



Obr. 5.4 – Zjednodušené schéma přenosu snímání obrazu pomocí IP kamer

Výběr IP kamer

Důležité parametry vybraných IP kamer z rešerše byly pro lepší přehlednost sepsány v tabulce 5.8.

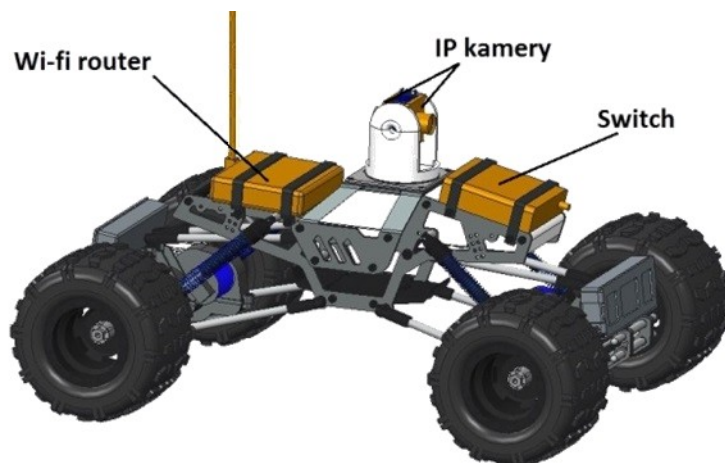
Tab. 5.8 Parametry vybraných kamer s ethernetovým výstupem

Typ	Rozměry [mm]	Rozlišení [px]	Obrazový senzor [-]	Snímací úhel [°]	Váha [g]	Cena [Kč]
D-Link DCS-930L	166x66x65	640x480	CMOS 1/5"	45	77	1 099
TP-LINK TL SC3230	75x55x35	1280x1024	CMOS 1/4"	46	82	2 047
Gadinan Sony IMX 2222	1024x768	1280x1200	Sonny CMOS 1/2.8"	70	50	1 210
ACTI ACM 5601	130x67x55	640x480	MicronSuperCMOS 1/3"	70	400	8 400
DFM 25G445-ML	45x45x20	1280x960	SONY CCD 1/3"	80	30	8 960

Při výběru vhodné IP kamery se přihlíželo k její malé hmotnosti, váze, vysokém rozlišení a snímacímu úhlu. Dle porovnávacích parametrů je nejvýhodnější kamera DFM 25G445-ML. Kamera se však svými rozměry nemůže uložit na místo stávající kamery a bude se tedy muset část OÚK předělat.

Umístění vybraných komponent

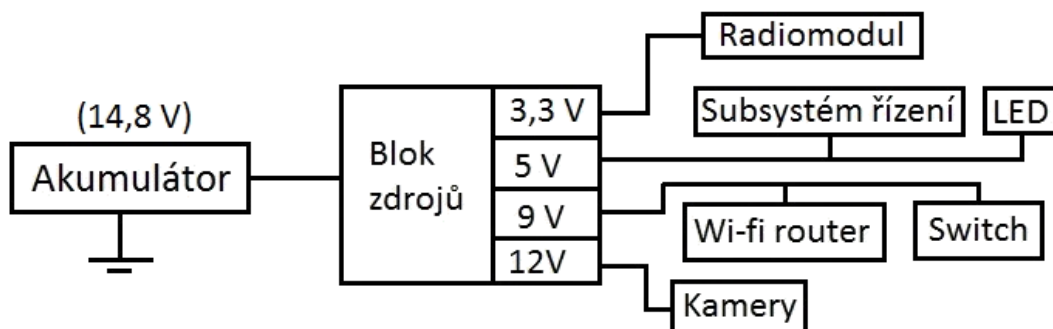
Na obr. 5.5 je vidět rozmístění komponent potřebných pro přenos obrazu z IP kamer.



Obr. 5.5 – Rozmístění komponent pro přenos obrazu z IP kamer

Schéma napájení subsystému řízení a kamerového subsystému

Z důvodu, že jednotlivé komponenty pro řídicí a kamerový subsystém z IP kamer vyžadují rozdílná napájecí napětí. Je tedy nutno vyřešit blok zdrojů s oddělenými zdroji napětí (viz. obr. 5.6), která budou jednotlivých komponentám dodávat požadované napětí.



Obr. 5.6 – Schéma napájení při použití IP kamer

Proudový odběr

Pro stanovení doby provozu robotu při napájení řídicího a kamerového subsystému s IP kamerami se vypočte celkový proudový odběr.

Proudový odběr vybraných komponent:

IP kamera: $I_{IPkam} = 0,08 \text{ A}$

Wi-fi router: $I_{wf} = 0,6 \text{ A}$

Switch: $I_{sw} = 0,13 \text{ A}$

Radiomodul: $I_{rm} = 0,02 \text{ A}$

Subsystém řízení: $I_{sř} = 0,6 \text{ A}$

LED přisvícení: $I_{LED} = 0,13 \text{ A}$

Celkový odebíraný proud:

$$I_{CI} = I_{wf} + I_{sw} + 2 \cdot I_{IPkam} + I_{rm} + I_{sř} + I_{LED} \quad (1.4)$$

$$I_{CI} = 0,6 + 0,13 + 2 \cdot 0,08 + 0,02 + 0,6 + 0,13$$

$$I_{CI} = 2,68 \text{ A}$$

Výpočet hmotnosti

Hmotnost jednotlivých komponent kamerového subsystému:

Wi-fi router: $m_{wf} = 0,089 \text{ kg}$

Switch: $m_{sw} = 0,075 \text{ kg}$

IP kamera: $m_{IPkam} = 0,03 \text{ kg}$

Celková hmotnost:

$$m_{CI} = m_{wf} + m_{sw} + 2 \cdot m_{IPkam} \quad (1.5)$$

$$m_{CI} = 0,089 + 0,075 + 2 \cdot 0,03$$

$$m_{CI} = 0,224 \text{ kg}$$

Stanovení celkové ceny

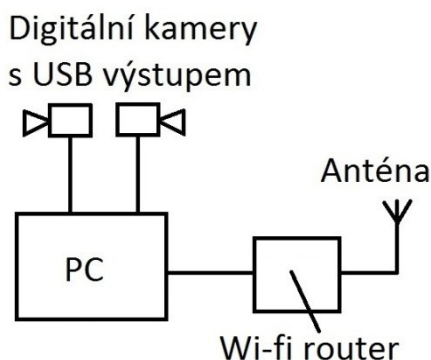
Cena jednotlivých komponent a výsledná cena jsou znázorněny v tabulce 5.9.

Tab. 5.9 – Ceny použitých komponent

Prvek	Cena [Kč]
Wi-fi router	299
Switch	169
IP kamera	2x 8 960
Celková cena	18 388

5.3.3 Varianta C - přenos obrazu z kamer s USB výstupem

Třetí variantou jak snímat obraz a bezdrátově jej přenést z robotu k operátorovi, je použití kamery s USB výstupem, PC a wi-fi routeru. Kamery s USB výstupem jsou dvě, umístěny v OÚK a pootočené vůči sobě o 180°. Digitální signály z USB kamer jsou vedeny do PC, který signály zpracuje a pomocí ethernetového standardu se připojí na wi-fi router. Celé schéma je zobrazeno na obr.5.7.



Obr. 5.7 – Zjednodušené schéma přenosu snímání obrazu pomocí digitálních kamer

Výběr digitálních kamer s USB výstupem

Důležité parametry vybraných digitálních kamer s USB výstupem z rešerše byly pro lepší přehlednost sepsány v tabulce 5.10.

Tab. 5.10 Parametry vybraných kamer s USB výstupem

Typ	Rozměry [mm]	Rozlišení [px]	Obrazový senzor [-]	Snímací úhel [°]	Váha [g]	Cena [Kč]
DFK 42BUC03	36x36x25	1280 x 960	Micron CMOS 1/3“	70	70	8 710
DFK 31BUC03.H	51x51x56	1024 x 768	Sony CCD 1/3“	70	265	14 200
DFM 42BUC03-ML	30x30x15	1280 x 960	Micron CMOS 1/3“	70	70	7 070
DFM 31BU03- ML	50x50x56	1024 x 768	Micron CMOS 1/3“	70	70	11 750
UI-1241LE-C	36x36x20	1280 x 1024	CMOS 1/3“	60	20	-

Při výběru vhodné USB kamery se přihlíželo k jeho malým rozměrům, váze, vysokém rozlišení a snímacímu úhlu. Jako nejvhodnější je vybrána kamera DFM 42BUC03-ML. Kamera má vhodné rozměry pro instalaci do OÚK bez nutnosti zásahu do její konstrukce.

Výběr PC

Důležité parametry vybraných PC z rešerše byly pro lepší přehlednost sepsány v tabulce 5.11.

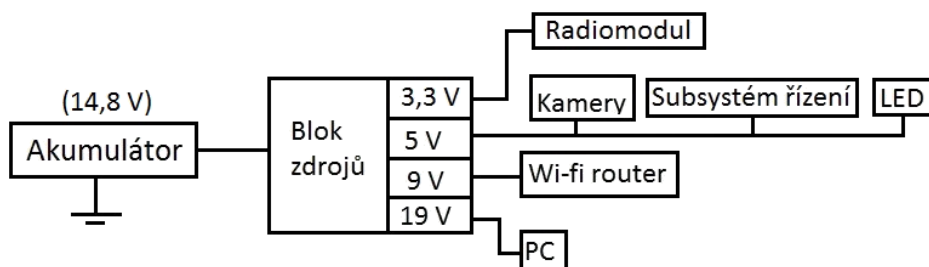
Tab. 5.11 Parametry vybraných PC

Typ	Rozměry [mm]	Procesor [-]	Frekvence CPU [GHz]	Cache procesoru [MB]	Váha [kg]	Cena [Kč]
Intel NUC DCCP847	117x112x39	Intel Celeron 847	1,1	1	1,25	4 550
Intel NUC 5I5RYK	115x111x33	Intel Core i5 5250U	1,6	3	1,77	10 999
Intel NUC 5I3RYK	115x111x33	Intel Core i5 2010U	2,1	3	1,67	8 199

Vzhledem k tomu, že všechny vybrané PC disponují dostatečnými parametry pro požadovanou činnost, při jejich výběru se přihlíželo pouze k nízké hmotnosti a ceně. Jako nejvhodnější je vybrán PC Intel NUC DCCP847.

Schéma napájení subsystému řízení a kamerového subsystému

Z důvodu, že jednotlivé komponenty pro řídicí a kamerový subsystém vyžadují rozdílná napájecí napětí, je nutno vyřešit blok zdrojů s oddělenými zdroji napětí (viz. obr. 5.9), která budou jednotlivým komponentám dodávat požadované napětí.



Obr. 5.9 – Schéma napájení při použití USB kamer

Z důvodu, že akumulátor má jmenovité napětí 14,8V, bude potřeba v bloku zdrojů zabudovat DC/DC měnič pro napájení PC, který bude schopný poskytnout výstupní napětí 19V při proudu minimálně 3,5A. Při průzkumu trhu se jeví jako jediný vhodný, vzhledem k velikosti robotu a potřebných parametrů, DC/DC měnič ED1096 (viz. obr.5.10)[52].



Obr. 5.10 – DC/DC měnič ED1096 [52]

DC/DC měnič ED1096 [52]

Vstupní napětí: 11–16 V

Výstupní napětí: 19 V

Výstupní proud: 4,7 A

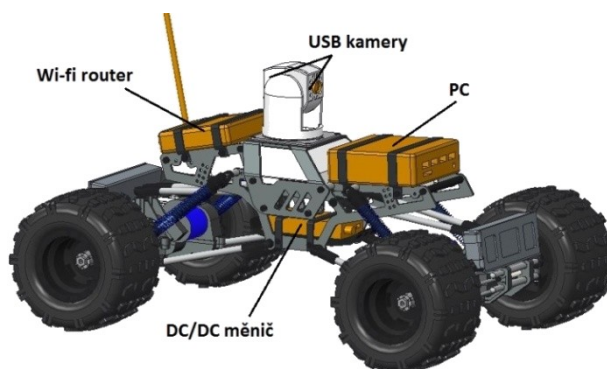
Rozměry: 106x52x19mm

Hmotnost: 220 g

Cena: 1 497 ,– Kč

Umístění vybraných komponent

Na obr. 5.8 je vidět rozmístění komponent potřebných pro přenos obrazu z kamer s USB výstupem.



Obr. 5.8 – Rozmístění komponent pro přenos obrazu z USB

Proudový odběr

Pro stanovení doby provozu robotu při napájení řídicího a kamerového subsystému s USB kamerami se vypočte celkový proudový odběr.

Proudový odběr vybraných komponent:

USB kamera: $I_{USBkam} = 0,25 \text{ A}$

PC: $I_{PC} = 3,5 \text{ A}$

Wi-fi router: $I_{wf} = 0,6 \text{ A}$

Radiomodul: $I_{rm} = 0,02 \text{ A}$

Subsystém řízení: $I_{sř} = 0,6 \text{ A}$

LED přisvícení: $I_{LED} = 0,13 \text{ A}$

Celkový odebíraný proud při použití kamerového subsystému s kamerami s USB výstupem:

$$I_{CU} = I_{wf} + I_{PC} + 2 \cdot I_{IPkam} + I_{rm} + I_{sř} + I_{LED} \quad (1.6)$$

$$I_{CU} = 0,6 + 3,5 + 2 \cdot 0,25 + 0,02 + 0,6 + 0,13$$

$$I_{CU} = 5,35 \text{ A}$$

Výpočet hmotnosti

Hmotnost jednotlivých komponent kamerového subsystému:

Wi-fi router: $m_{wf} = 0,089 \text{ kg}$

USB kamera: $m_{USBkam} = 0,03 \text{ kg}$

PC: $m_{PC} = 1,25 \text{ kg}$

DC/DC měnič: $m_{DC} = 0,22 \text{ kg}$

Celková hmotnost:

$$m_{CU} = m_{wf} + m_{PC} + 2 \cdot m_{IPkam} + m_{DC} \quad (1.7)$$

$$m_{CU} = 0,089 + 1,25 + 2 \cdot 0,03 + 0,22$$

$$m_{CU} = 1,619 \text{ kg}$$

Stanovení celkové ceny

Cena jednotlivých komponent a výsledná cena jsou znázorněny v tabulce 5.12.

Tab. 5.12- Ceny použitých komponent

Prvek	Cena [Kč]
Wi-fi router	299
PC	4 550
USB kamera	2x 7 070
Celková cena	18 989

6 Kriteriaální analýza

K výběru optimální navržené varianty je použita metoda kriteriaální analýzy.

6.1 Kriteriaální analýza přenosu obrazu

Hodnotící kritéria přenosu obrazu:

Tab. 6.1 Zvolená kritéria pro hodnocení přenosu obrazu

Označení kritéria	Kritérium
K1	Hmotnost
K2	Proudový odběr
K3	Úspora místa
K4	Možnost rozšíření využití
K5	Cena

Hmotnost – hmotnost použitých prvků by měla být co nejmenší, neboť má přímý vliv na dobu provozu robotu a jeho kinematické vlastnosti.

Proudový odběr – proudový odběr by měl být co nejmenší, neboť má vliv na dobu provozu robotu.

Úspora místa – robot pravděpodobně bude v budoucnu osazen senzory a dalšími prvky. Je proto třeba již při návrhu kamerového subsystému hledět na co možná největší úsporu místa.

Možnost rozšíření využití – některé vybrané prvky kamerového subsystému nemusí sloužit pouze k přenosu obrazu, ale mohou sloužit i k jiným účelům.

Cena – pořizovací cena všech komponent dané varianty.

Hodnocení plnění kritérií

Pro vyplnění bodového ohodnocení kritérií K1, K2 a K5 bylo využito znalosti jejich přesných hodnot. Z tohoto důvodu je bodového ohodnocení těchto kritérií přesnější.

Tab. 6.2 Bodové ohodnocení plnění kritérií

Označení kritéria	Analogové kamery	IP kamery	Digitální kamery
K1	1,41	1,06	4,78
K2	1,50	1,78	4,83
K3	4	3	4
K4	3	3	1
K5	1,10	4,54	4,71

Určení významnosti

Určení významnosti bylo provedeno dle metody porovnávání v trojúhelníku, jak je znázorněno v tabulce 6.3.

Tab. 6.3 Určení významnosti

Porovnáváné páry kritérií				Počet voleb	Pořadí
K1	K1	K1	K1	4	1
K2	K3	K4	K5		
	K2	K2	K2	2,5	2
	K3	K4	K5		
		K3	K3	2	3
		K4	K5		
			K4	1	4
			K5	0,5	5

Závislost váhy významnosti na počtu voleb

Váha významnosti je lineárně závislá na počtu voleb. Může být tedy popsána lineární rovnicí, jejíž základní tvar je:

$$q = k \cdot v + b \quad (1.8)$$

Kde: v – počet voleb, q – váha významnosti, k – směrnice přímky, b – posunutí přímky.

Po dosazení nejnižší hodnoty $v = 0,5$ a přiřazením nejnižší hodnoty významnosti $q = 1$ do vztahu (1.8) se získá rovnice:

$$1 = k \cdot 0,5 + b$$

Dále po dosazení nejvyšší hodnoty $v = 4$ a přiřazením nejvyšší hodnoty významnosti $q = 2$ do vztahu (1.8) se získá rovnice:

$$2 = k \cdot 4 + b$$

Jsou tak dvě rovnice o dvou neznámých:

$$1 = k \cdot 0,5 + b$$

$$2 = k \cdot 4 + b$$

Jejichž řešení je:

$$k = \frac{2}{7}, b = \frac{6}{7}$$

Pomocí dopočítaných koeficientů se určí vztah pro závislost váhy významnosti na počtu voleb, kterou popisuje lineární rovnice:

$$q = \frac{2}{7} \cdot v + \frac{6}{7}$$

Váha významnosti pro jednotlivá kritéria

Dle vypočteného vztahu se spočetla váha významnosti pro jednotlivá kritéria a byla zapsána do přehledné tabulky 6.4.

Tab. 6.4 Váha významnosti jednotlivých kritérií

Označení kritéria	Váha významnosti
K1	2
K2	1,57
K3	1.43
K4	1,14
K5	1

Hodnocení variant přenosu signálu

Nyní se vypočte celkový vážený index jako součet součinů bodových hodnocení a váhy významnosti pro jednotlivé varianty.

Tab. 6.5 Celkový vážený index první varianty

Označení kritéria	Varianta A		
	Bodové hodnocení	Váha významnosti	Vážený index
K1	1,41	2	2,82
K2	1,50	1,57	2,36
K3	4	1,43	5,72
K4	3	1,14	3,42
K5	1,10	1	1,1
Celkový vážený index			15,42

Tab. 6.6 Celkový vážený index druhé varianty

Označení kritéria	Varianta B		
	Bodové hodnocení	Váha významnosti	Vážený index
K1	1,06	2	2,12
K2	1,78	1,57	2,79
K3	3	1,43	4,29
K4	3	1,14	3,42
K5	4,54	1	4,54
Celkový vážený index			17,16

Tab. 6.7 Celkový vážený index třetí varianty

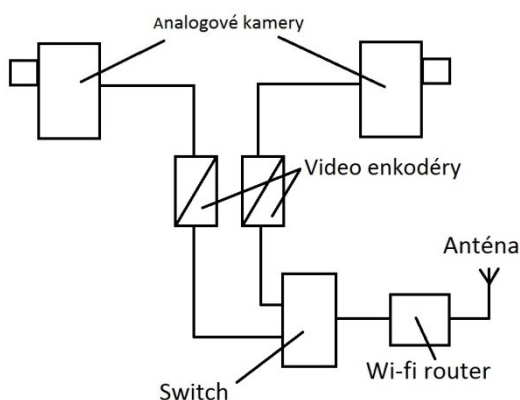
Označení kritéria	Varianta C		
	Bodové hodnocení	Váha významnosti	Vážený index
K1	4,78	2	9,56
K2	4,83	1,57	7,58
K3	4	1,43	5,72
K4	1	1,14	1,14
K5	4,71	1	4,71
Celkový vážený index			28,71

Optimální varianta je ta s nejnižším celkovým váženým indexem. Dle předcházejících tabulek však vidíme, že se varianta A a varianta B svým celkovým váženým indexem příliš neliší. Při posuzování optimální varianty tedy zohledníme fakt, že při použití analogové kamery, která je dostupná na katedře, nebude třeba nijak konstrukčně zasahovat do OÚK. Zatímco při použití IP kamery by se OÚK muselo předělat, či vyrobit nové, což by se promítlo do celkových nákladů. Jako optimální varianta je tedy zvolena varianta A – přenos obrazu z analogových kamer.

7 Popis optimálních variant

7.1 Vybraná varianta přenosu signálu

Jako optimální varianta při vybírání přenosu signálu je zvolena varianta A – přenos obrazu z analogových kamer. Analogové kamery jsou dvě, umístěny v OÚK a pootočený vůči sobě o 180°. Analogové výstupy z kamer jsou pomocí video enkodérů převedeny na digitální. Z důvodu potřeby snímat obraz z obou kamer zároveň, se výstupy ve formě ethernetového standardu z video enkodérů připojí na switch a z něj se taktéž pomocí ethernetového standardu připojí na wi-fi router. Celé schéma je zobrazeno na obr.7.1.



Obr. 7.1 – Zjednodušené schéma přenosu snímání obrazu pomocí analogových kamer

7.1.1 Použité komponenty

Wi-fi router

Tenda N3

Vybraný bezdrátový wi-fi router Tenda N3 (viz. obr. 7.2) podporuje standard 802.11 n-lite v pásmu 2,4 GHz. Umožňuje konfiguraci s jedinou anténou při komunikační rychlosti až 150 Mb/s. Obsahuje externí neodnímatelnou všesměrovou anténu. Chlazení je řešeno pasivně.



Obr. 7.2 – Wi-fi Router Tenda N3 [21]

Parametry wi-fi routeru jsou popsány v podkapitole 4.2.1.

Switch

Vybraný pětiportový switch Tenda S5 (viz. obr. 7.3) je založený na chipsetu IC+. Podporuje plně standardy 802.3, 802.3. Slouží k přijímání dat z video enkodérů a následnému přeposílání na wi-fi router.



Obr. 7.3 – Switch Tenda S5 [29]

Parametry Switche jsou popsány v bodě 4.2.3.

Video enkodér

Pro zpracování analogového signálu z kamer budou použity dva video enkodéry VIVOTEK VS8100 (viz. obr. 7.4), přičemž každý bude zpracovávat signál z jedné kamery.



Obr. 7.4 – Video enkodér VIVOTEK VS8100[26]

Parametry video enkodéru jsou popsány v bodě 4.2.2.

Kamera

Snímání obrazu bude realizováno dvěma kamerami MTV-54K0P (viz. obr. 7.5), kterými je robot již osazen. Použití stávajících kamer poskytuje mimo nulových nákladů na pořízení i tu výhodu, že nebude nutno předělávat orientační ústrojí kamer. Kamery byly otestovány, v současné době jsou funkční a připravené k použití.

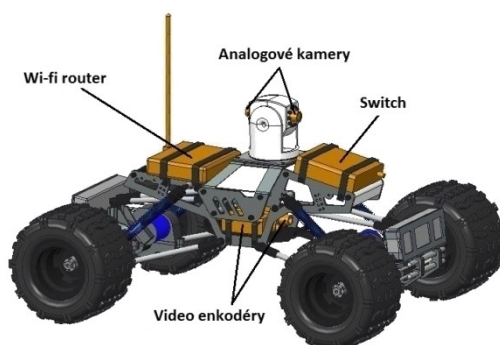


Obr. 7.5 – Desková kamera MTV-54K0P [38]

Parametry kamery jsou popsány v bodě 4.3.1.

Umístění vybraných komponent

Na obr. 7.6, je vidět rozmístění komponent potřebných pro přenos obrazu z analogových kamer.



Obr. 7.6 – Rozmístění komponent pro přenos obrazu z analogových kamer

Jak lze vidět na obrázku 7.6, anténa je jen minimálně kryta tělem robotu, čímž se minimalizuje možnost rušení samotným robotem. Jedinou nevýhodou je, že anténa zasahuje do zorného pole kamery. Je možné jí však naklonit kterýmkoliv směrem a navíc její malé rozměry by neměly výhledu příliš vadit, zejména pokud se bude primárně k řízení robotu používat obraz z druhé kamery. Hmotnost všech komponent kamerového subsystému byla spočtena (dle 1.3) na $m_{CA} = 0,352 \text{ kg}$. Cena všech komponent kamerového subsystému byla spočtena (viz. tabulka 5.7) na $C_{CA} = 6\,348 \text{,- Kč}$. Proudový odběr byl spočten (dle 1.2) na $I_{CA} = 2,44 \text{ A}$.

7.1.2 Vybrané akumulátory

Akumulátor pro napájení výkonové části

Pro napájení výkonové části byl vybrán akumulátor NOSRAM Competition Car Line 5700 – 7.4V (viz. obr. 7.7). Poskytuje při minimální váze dostatečnou kapacitu a maximální vybíjecí proud. Také cenově je velice výhodný a jeho rozměry jsou ideální pro uložení do boxu pro akumulátory umístěných na mobilním robotu Crawler.



Obr. 7.7 – Akumulátor NOSRAM Competition Car Line 5700 – 7.4V [10]

Parametry vybraného akumulátoru jsou znázorněny v tabulce 7.1.

Tab. 7.1 Parametry akumulátoru NOSRAM Hardcase 5700

Rozměry [mm]	Kapacita [mAh]	Napětí [V]	Váha [g]	Max. Vybíjecí proud [A]	Cena [Kč]
139x47x25,1	5 700	7,4	150	160	1 589

Akumulátor pro napájení řídicího a kamerového subsystému

Pro napájení řídicího a kamerového subsystému byl vybrán akumulátor Power X6 4200 mAh 4S 35C (viz. obr. 7.8). Parametry vybraného akumulátoru jsou znázorněny v tabulce 7.2.



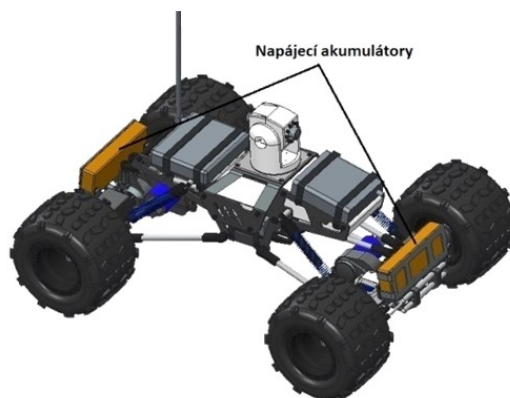
Obr. 7.8 – Akumulátor Power X6 4200 mAh 4S 35C [15]

Tab. 7.2 Parametry akumulátoru Power X6 4200 mah 4S 35C

Rozměry [mm]	Kapacita [mAh]	Napětí [V]	Váha [g]	Cena [Kč]
130x43x28	4 200	14,8	381	1 264

7.1.3 Způsob rozmístění akumulátorů

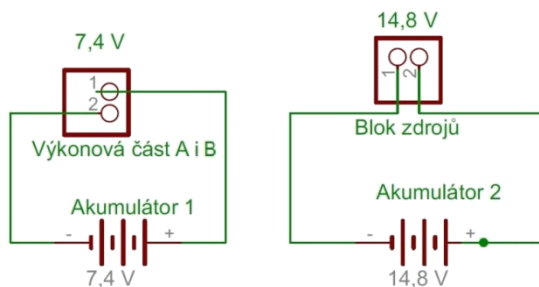
Pro napájení robotu jsou použity dva akumulátory. Každý je umístěn v boxu pro akumulátory na nápravě robotu (viz. obr. 7.9). Oproti stávajícímu stavu robotu, který obsahuje akumulátory tři, kdy nejtěžší je umístěn na těle robotu, se toto řešení vyznačuje minimální hmotností, snížením těžiště robotu, rovnoměrnějším a dostatečným rozložením tíhy na nápravy a zvýšením stability robotu.



Obr. 7.9 – Rozmístění akumulátorů

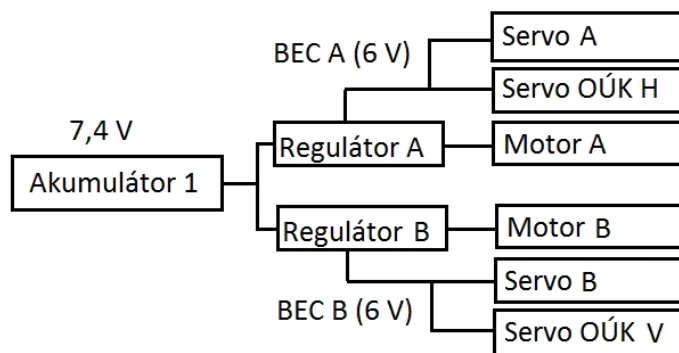
Napájení robotu pro vybrané rozmístění akumulátorů

Pro vybrané rozmístění akumulátorů byla na základě konzultace s odborníky, bližšími požadavky k nabíjení akumulátorů a účelu robotu vybráno zapojení dle obr 7.10.



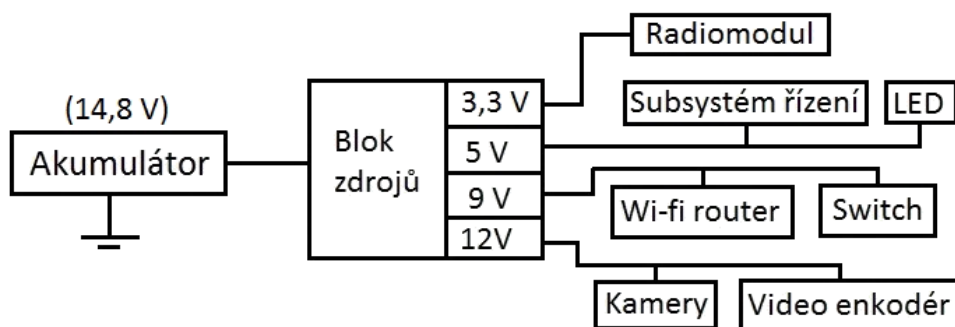
Obr. 7.10 – Zjednodušené schéma zvoleného napájení robotu

Akumulátor, který je určen pro napájení výkonové části je typ NOSRAM Competition Car Line 5700 – 7.4V, který poskytuje napětí 7,4 V při kapacitě 5 700 mAh a váze 150 g. Detailnější popis komponent napájených tímto akumulátorem je zobrazen na obr. 7.11.



Obr. 7.11 – Schéma napájení výkonové části

Akumulátor určený pro napájení řídicího a kamerového subsystému je typ Power X6 4200 mAh 4S 35C, který poskytuje napětí 14,8 V při kapacitě 4 200 mAh a váze 381 g. Tímto zapojením, kde je odděleno napájení výkonové části a napájení řídicího a kamerového subsystému, se eliminují problémy při možném kolísání napětí způsobeném proudovými špičkami při záběrech motorů. Detailnější popis komponent napájených tímto akumulátorem je zobrazen na obr. 7.12.



Obr. 7.12 – Schéma napájení bloku zdrojů

7.1.4 Předpokládaná výdrž akumulátorů

Akumulátor pro napájení výkonových částí

Při výpočtu doby výdrže akumulátoru pro napájení výkonových částí, tedy výpočtu doby, po kterou je robot schopen pohybu, vycházíme z proudových odběrů motorů a regulátorů, které byly změřeny experimentálně. Hodnoty jsou pouze orientační, neboť byly změřeny v laboratoři a při reálném nasazení by byly odlišné.

Výdrž akumulátoru pro napájení výkonové části

Při výpočtu vycházíme ze známé kapacity použitého akumulátoru a celkového odběru výkonové části spočtenou dle vzorce 1.1. $I_{CV} = 4,5 \text{ A}$

Kapacita akumulátoru pro napájení výkonové části: $C_V = 5\,700 \text{ mAh} = 5,7 \text{ Ah}$.

Základní vzorec pro kapacitu[3]:

$$C = I \cdot t \quad (1.9)$$

Ze vzorce (1.9) vyjádříme čas:

$$t = \frac{C}{I} \quad (1.10)$$

Při výpočtu je třeba zohlednit, že se články akumulátoru z důvodu ochrany proti zničení budou vybíjet pouze na napětí 3V (hodnota nastavitelná na regulátoru, kterým je mobilní robot Crawler vybaven), při kterém v akumulátoru zbude přibližně 15% kapacity. Spotřebovaná kapacita akumulátoru, která se promítne ve výpočtu, je tedy 85%.

Výpočet výdrže akumulátoru:

$$t_V = \frac{C_V}{I_{CV}} \cdot 0,85 \quad (1.11)$$

$$t_V = \frac{5,7}{4,5} \cdot 0,85$$

$$t_V = 1,08 \text{ hod}$$

Akumulátor pro napájení subsystému kamer a subsystému řízení

Při výpočtu vycházíme ze známé kapacity použitého akumulátoru a celkového odběru bloku zdrojů spočteného dle vzorce 1.2. $I_{CA} = 2,44 \text{ A}$

Kapacita akumulátoru pro napájení subsystému kamer a řízení: $C_k = 4\,200 \text{ mAh} = 4,2 \text{ Ah}$

Stejně jako v předchozím výpočtu, i zde je třeba započítat, že se při vybíjení nespotřebuje 100% kapacity, nýbrž přibližně jen 85%.

Výdrž akumulátoru:

$$t_k = \frac{C_s}{I_{CA}} \cdot 0,85 \quad (1.12)$$

$$t_k = \frac{4,2}{2,44} \cdot 0,85$$

$$t_k = 1,46 \text{ hod.}$$

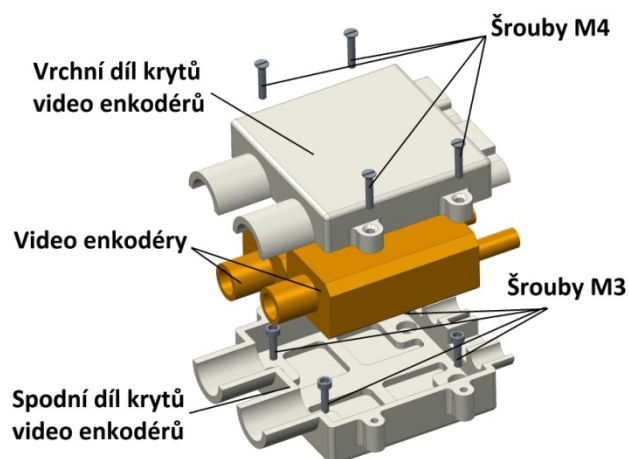
Z výpočtů lze vidět, že doba provozu robotu je delší, než zadaná v požadavkovém listu, kde měla přesáhnout alespoň půl hodiny. U výpočtů se předpokládalo, že jednotlivé prvky budou neustále spotřebovávat daný proud. Při reálné aplikaci však po celou dobu provozu robotu nebudou některé jeho výkonové části spotřebovávat buď žádný, nebo jen minimální proud. Doba provozu robotu bude tedy při reálném nasazení delší.

7.2 Krytování komponent kamerového subsystému

Krytování komponent kamerového subsystému je navrženo s ohledem na způsob výroby, kterým je 3D tisk. Jeho hlavní funkcí je ochrana jednotlivých komponent před mechanickým poškozením a zvýšením IP ochrany. Jako stavební materiál je použit polykarbonát. Polykarbonát je termoplast mající dobrou tepelnou odolnost a odolnost proti nárazům. Je v současnosti jedním z nejtvrdších materiálů, který se používá v 3D tiskárnách. K jeho nevýhodám patří vysoký bod tání (prodlužuje dobu zpracování) a nutnost mechanického odstraňování podpůrného materiálu. To znemožňuje použití při tvorbě nerozebíratelných funkčních sestav, při kterých je nutné vyplavit podpůrný materiál.[53]

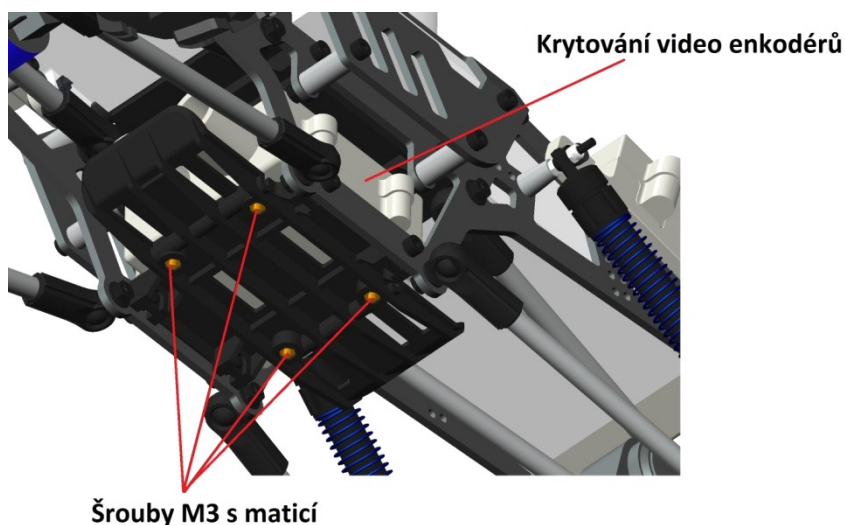
7.2.1 Krytování video enkodérů

Krytování video enkodérů se skládá ze dvou součástí, které jsou spojeny čtyřmi šrouby M4 se zápusťnou hlavou, jak je znázorněno na obr. 7.13. Spodní díl krytování je opatřen kapsami pro úsporu materiálu a minimalizaci hmotnosti. Také je opatřen zapuštěním pro čtyři šrouby M3, které slouží k připevnění krytování k robotu.



Obr. 7.13 – Krytování video enkodérů

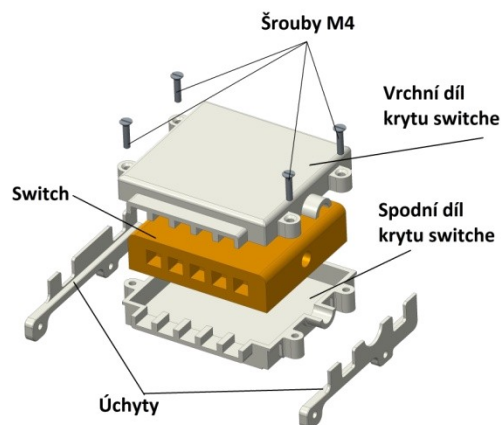
Kryty se k robotu upevní pomocí čtyř šroubů M3 s vnitřním šestihranem a matic na plastový úchyt robotu, jak je znázorněno na obr.7.14.



Obr. 7.14 – Umístění krytů pro video enkodéry na robotu

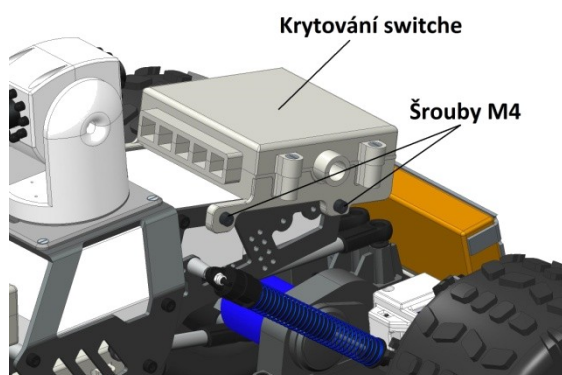
7.2.2 Krytování switche

Krytování switche se skládá ze čtyř součástí, jak je znázorněno na obr. 7.15. Vrchní a spodní díl krytu switche je spojen pomocí čtyř šroubů M4 se zápusťnou hlavou. Spodní část krytování je složena ze tří dílů. To způsobí úsporu materiálu při 3D tisku, než kdyby se všechny tři díly tiskly současně jako jeden díl. Další výhodou je, že vrstvy při výrobě úchytů se mohou pokládat tak, aby ve směru největšího zatížení byly úchyty nejpevnější. Úchyty jsou ke spodnímu dílu krytu přilepeny lepidlem.



Obr. 7.15 – Krytování switchu

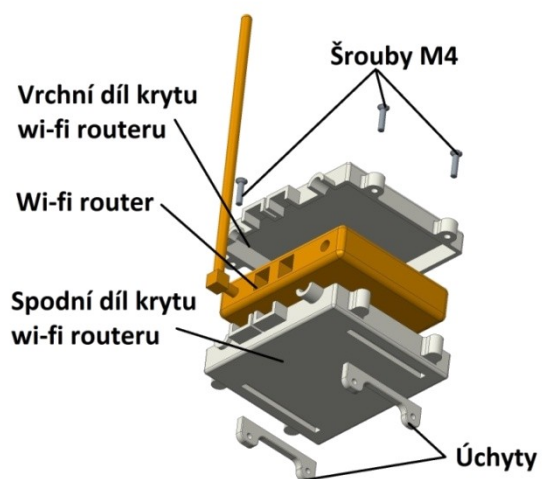
Kryty se k robotu upevní pomocí čtyř šroubů M4 s vnitřním šestihranem a matic na kovový bok robotu, jak je znázorněno na obr. 7.16. Celý kryt je mírně vysunutý směrem od robotu, aby se zajistil dostatečný prostor pro kabeláž.



Obr. 7.16 – Umístění krytů pro switch na robotu

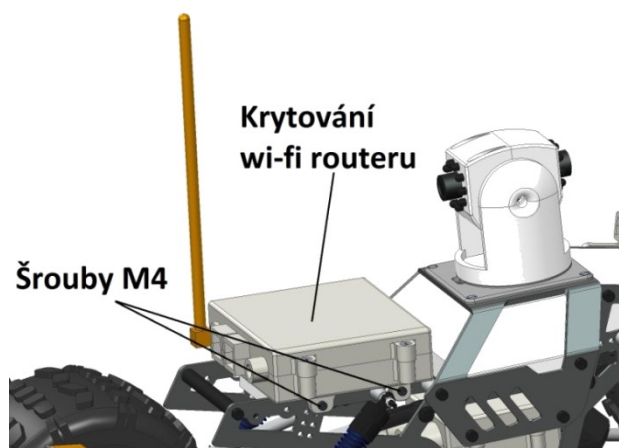
7.2.3 Krytování wi-fi routeru

Kryt wi-fi routeru se skládá ze čtyř součástí, jak je znázorněno na obr. 7.17. Vrchní a spodní díl krytu wi-fi routeru je spojen pomocí čtyř šroubů M4 se zápusťnou hlavou. Spodní část krytování je složena ze tří dílů ze stejných důvodů, jako krytování switchu. Úchyty jsou ke spodnímu dílu krytu přilepeny lepidlem.



Obr. 7.17 – Krytování wi-fi routeru

Kryty se k robotu upevní pomocí čtyř šroubů M4 s vnitřním šestihranem a matic na kovový bok robotu, jak je znázorněno na obr. 7.18.



Obr. 7.18 – Umístění krytů pro wi-fi router na robotu

Díly potřebné pro montáž krytování kamerového subsystému

Pro připojení krytů k robotu budou zapotřebí tyto díly:

Šroub ČSN 021143 M4x16 – 4 ks

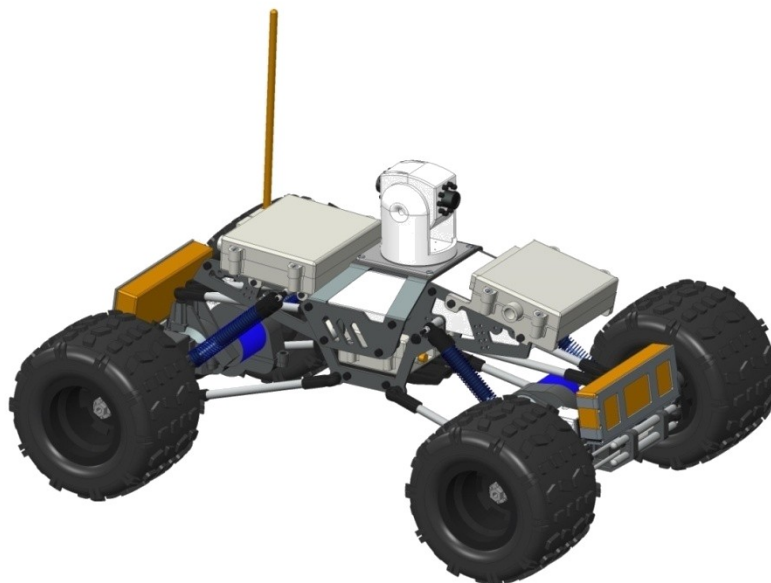
Šroub ČSN 02115 M4x18 – 12 ks

Šroub ČSN 021143 M3x16 – 8 ks

Matice ČSN 021407 M3 – 4 ks

Mobilní robot Crawler s krytováním

Na obr. 7.19 je zobrazen mobilní robot Crawler po úpravě kamerového subsystému.



Obr. 7.19 – Mobilní robot Crawler s krytováním

8 Závěr

Dle zadání byla provedena analýza stávajícího stavu mobilního robotu Crawler, akumulátorů, nabíječek dostupných na katedře a aktuálních možných řešení přenosu obrazu. Na základě informací z rešerší a předběžných požadavků na robot byl zhotoven požadavkový list pro akumulátory a kamerový subsystém. Na základě požadavkového listu byly vypracovány tři varianty řešení kamerového subsystému. Přitom každá z nich se lišila zejména typem použité kamery a komponent potřebných pro přenos obrazu z dané kamery. Pro každou komponentu ve všech třech variantách řešení byla vypracována rešerše a vybráno několik vhodných typů dostupných na trhu, které splňovaly požadavky zadané v požadavkovém listě. Po sepsání nejdůležitějších parametrů do srovnávací tabulky byla vybrána nejvhodnější komponenta, pro kterou bylo zvoleno vhodné umístění na robotu. Dle kritériální analýzy, která hodnotila především hmotnost použitých komponent, byla zvolena varianta, která nejlépe splňuje specifikované požadavky. Ta je založena na použití dvou analogových kamer, jejichž video výstupy zpracovávají video enkodéry. Z nich se digitalizovaný obraz s využitím ethernetového standardu posílá do switchu, který jej dále přeposílá do wi-fi routeru. Wi-fi router zajišťuje digitální přenos mezi robotem a stanovištěm operátora. Dosah přenosu obrazu není znám, je nutno jej stanovit experimentálně, přičemž se dosah bude lišit v závislosti na okolním prostředí robotu. Pro jednotlivé prvky kamerového subsystému bylo navrženo plastové krytování s využitím aditivní výrobní technologie FDM (3D tisk). Hlavní funkcí krytování je ochrana jednotlivých komponent před mechanickým poškozením a zvýšením IP ochrany. Díly krytování jsou navrženy s ohledem na způsob výroby. V zájmu úspory materiálu a vyšší pevnosti jsou některé kryty složeny z více kusů, přičemž se při výrobě dílů mohou vrstvy materiálu pokládat tak, aby ve směru největšího zatížení byl materiál nejodolnější.

Jedním z problémů, které mohou při realizaci kamerového subsystému na mobilním robotu Crawler nastat, je zpoždění obrazu způsobené video enkodérem při zpracování analogového signálu a jeho převodu na digitální. Je totiž možné, že z důvodu příliš velkého zpoždění nebude operátor schopen bezpečně ovládat robot v reálném čase. Výrobci ani dodavatelé video enkodérů nezveřejňují dobu zpoždění, a tak ji bude potřeba změřit experimentálně.

Pro správnou funkci kamerového subsystému bude nutno vyrobit nový blok zdrojů, který bude zajišťovat potřebné napájecí napětí pro jednotlivé komponenty.

Mobilní robot Crawler by bylo v budoucnu vhodné doplnit o sofistikovanější a uživatelsky přívětivější řídicí aplikaci, pomocí které bude operátor ovládat robot z PC. Vhodné by bylo umožnit operátorovi také ovládat robot mobilním telefonem či tabletem. Dalším možným rozšířením by bylo nahradit jednu analogovou kameru za kameru pracující v infračerveném spektru (termokamera, IR kamera) a doplnit senzorický subsystém robotu o senzory, které by zajistily možnost nasazení robotu i ve zhoršené viditelnosti (kouř, mlha, smog, sněžení, déšť a jiné).

Výsledek této práce bude sloužit jako podklad k úpravě kamerového subsystému mobilního robotu Crawler při jeho modernizaci v rámci studentské grantové soutěže.

9 Použitá literatura

- [1] JAN, Káňa. Výběr/úprava mobilního podvozku pro prvotní průzkum oblasti mimořádné události [online]. Ostrava, 2009 [cit. 2014.10.09]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10084/76297>. Diplomová práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. Fakulta strojní.
- [2] MINASI, Mark. *Velký průvodce hardwarem*. 1. vyd. Praha: GradaPublishing, 2002, 763 s. ISBN 80-247-0273-8.
- [3] TKOTZ, Klaus. *Příručka pro elektrotechnika*. 2. dopl. vyd. Praha: Europa-Sobotáles, 2006, 623 s. ISBN 80-867-0613-3.
- [4] JOHNSON, Dave. 2008. *How to do everything: digital camera*. 5th ed. New York: McGraw-Hill, xx, 428 p., [11] p. of plates. ISBN 978-0-07149580-6.
- [5] Akumulatory-pro-rc-modely. *RC modely* [online]. 2013 [cit. 2014-10-09]. Dostupné z: <http://www.modely-rc.cz/akumulatory-pro-rc-modely/>
- [6] [Http://www.lipolbaterie.cz/.Lipolbaterie](http://www.lipolbaterie.cz/.Lipolbaterie) [online]. 2014 [cit. 2014-10-09]. Dostupné z: <http://www.lipolbaterie.cz/navody/jak-nabijet-lipol-baterie/>
- [7] Hobby.Conrad [online]. 2014 [cit. 2015-03-03]. Dostupné z: <http://www.conrad.de/ce/de/product/269251/Modellbau-Multifunktionsladegeraet-220-V-20-A-Graupner-Ultramat-18-Blei-LiFe-LiIon-LiPo-NiMH-NiCd>
- [8] Baterky a nabíječky.RCGroups [online]. 2014 [cit. 2015-03-03]. Dostupné z: <http://www.rcgroups.com/forums/showthread.php?t=735847>
- [9] Li-pol pohonné auta. *RC guru* [online]. 2014 [cit. 2014-10-09]. Dostupné z: <http://www.rcguru.cz/nosram-lipo-competition-car-line-hardcase-5700-80c-40c-7-4v>
- [10] Akumulatory.RCshop [online]. 2014 [cit. 2014-10-09]. Dostupné z: <http://www.rcshop.eu/gens-ace-5300mah-7.4v-30c-2s1p-hardcase>
- [11] Li-pol.Himoto [online]. 2014 [cit. 2014-10-09]. Dostupné z: <http://www.himoto.cz/50c/zippy-flightmax-lipol-5700mah-50c-7-4v--hardcase/>
- [12] RC modely a příslušenství. *Pecka Modelář - specialista na modely a makety* [online]. 2014 [cit. 2014-10-09]. Dostupné z: <http://www.peckamodel.cz/produkt/rc-modely-a-prislusenstvi/akumulatory/pohonne-baterie/aku-li-poly/1150-2200mah/4s/ace2200425-gens-ace-lipo-2200mah-14-8v-4s1p-25c>

- [13] Letecké baterie. *Agapower* [online]. 2014 [cit. 2014-10-09]. Dostupné z: http://www.agapower.cz/10021,cz_agapower-lipo-baterie-4s-30c-2600mah.html
- [14] Li-pol baterie. *BIG HOBBY* [online]. 2015 [cit. 2015-03-26]. Dostupné z: <http://www.bighobby.cz/www-bighobby-cz/eshop/1-1-Li-Po-BATERIE/5-2-4S/5/577-Power-X5-3700-mah-4S-35C-70C>
- [15] Li-pol baterie. *BIG HOBBY* [online]. 2015 [cit. 2015-03-26]. Dostupné z: <http://www.bighobby.cz/www-bighobby-cz/eshop/1-1-Li-Po-BATERIE/5-2-4S/5/1662-Power-X6-4200-mah-4S-35C-70C>
- [16] IP kamery, web kamery, digitální přenos signálu. *KamEROVÁ technika* [online]. 2014 [cit. 2014-2-11]. Dostupné z: <http://kamerovatechnika.cz/digitalni-prenos-signalu.html>
- [17] Tenda N150. *Alfa.cz* [online]. 2015 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <https://www.alfa.cz/product.php?eid=1051400872Z90UB2X47>
- [18] Tenda W311R+. *Alfa.cz* [online]. 2015 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <https://www.alfa.cz/product.php?eid=1051400872Z90UBSR5>
- [19] ASUS WL-330N3G. *Alfa.cz* [online]. 2015 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <https://www.alfa.cz/product.php?eid=1051400872Z90UB17IZ>
- [20] ZyXEL WAP3205. *Alfa.cz* [online]. 2015 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <https://www.alfa.cz/product.php?eid=1051400872Z90UB2DNL>
- [21] Síťové prvky. *Bscom* [online]. 2014 [cit. 2015-03-03]. Dostupné z: http://www.bscom.cz/tenda-n3_d192084/
- [22] Enkodéry. *Proficomms* [online]. 2015 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://www.proficomms.cz/comnet-cnvetx1/d-73570/>
- [23] Axis. *IP VIVOTEK* [online]. 2015 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://www.ip-vivotek.cz/enkodery-axis/axis-m7001/>
- [24] IP enkodéry. *ADI* [online]. 2015 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: http://www.adiglobal.cz/iiWWW/cz/produkty141.nsf/web_category_panel3_cenik_asc/80430434BA427939C1257A0C005520BD
- [25] Axis Q7401. *IP VIVOTEK* [online]. 2015 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://www.ip-vivotek.cz/enkodery-axis/axis-q7401/>
- [26] VIVOTEK VS8100. *IP VIVOTEK* [online]. 2015 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://www.ip-vivotek.cz/enkodery-vivotek/vivotek-vs8100/>
- [27] TP-LINK TL-SF1005D. *Alza.cz* [online]. 2015 [cit. 2015-03-14]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/tp-link-tl-sf1005d-d155320.htm>

- [28] Switch. *MAISONDUCABLE* [online]. 2015 [cit. 2015-03-14]. Dostupné z: http://www.maison-du-cable.com/Prix/Switch-industriel-5-ports-14857.html#point_description
- [29] Tenda S5. *Alfa.cz* [online]. 2015 [cit. 2015-03-14]. Dostupné z: <https://www.alfa.cz/product.php?eid=105H400870000001P9P>
- [30] D-Link GO-SW-5E. *Alfa.cz* [online]. 2015 [cit. 2015-03-14]. Dostupné z: <https://www.alfa.cz/product.php?eid=105H400870000002DEQ>
- [31] ZyXEL ES-105E. *Alfa.cz* [online]. 2015 [cit. 2015-03-14]. Dostupné z: <https://www.alfa.cz/product.php?eid=105H400870000001XG4>
- [32] NUC. *Alza.cz* [online]. 2015 [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: https://www.alza.cz/intel-nuc-boxdccc847dye-d387903.htm?kampan=adpla_produkty_pc-sestavy&gclid=CjwKEAju56moBRD8_4-AgoOqhV4SJADWWVCc84T6piY4muIV5haajkzkS11q5_LYoiDvv7lG9VT8jxoCMXHw_wcB
- [33] NUC. *Alza.cz* [online]. 2015 [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/intel-nuc-5i5ryk-d2360732.htm>
- [34] NUC. *Alza.cz* [online]. 2015 [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/intel-nuc-5i3ryk-d2292853.htm>
- [35] EN-PCB-65-28. *ESCAD TRADE* [online]. 2015 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: <http://www.escadtrade.cz/en-pcb-65-28-barevna-deskova-ccd-kamera-s-sirokoughlym-objektivem-2-8mm.html>
- [36] EN-PCB-65-P37. *ESCAD TRADE* [online]. 2015 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: <http://www.escadtrade.cz/en-pcb-65-p37-barevna-deskova-ccd-kamera-s-dirkovym-objektivem.html>
- [37] QH-155CCD barevná desková CCDII 760H kamera. *FRANZ AGENTUR* [online]. 2015 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: <http://www.franzagentur.cz/franzagentur/eshop/17-1-Kamerove-systemy/60-2-Deskove-CCD-kamery/5/2798-QH-155CCD-barevna-deskova-CCDII-760H-kamera-s-mini-objektivem>
- [38] MTV-54K0P. *FRANZ AGENTUR* [online]. 2015 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: http://www.franzagentur.cz/fotky7158/fotov/_ps_935MTV-54K0P.pdf
- [39] VM32-HQX. *WENDOO* [online]. 2015 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: <http://www.wendoo.cz/kamerove-systemy-kamery-barevne-deskove-kamery-vm32-hqx>
- [40] Kamerové systémy. *Ladinn* [online]. 2014 [cit. 2015-03-17]. Dostupné z: http://www.ladinn.cz/ostatni/technika/kamerovy_system.html

- [41] D-Link DCS-930L. *Alfa.cz* [online]. 2015 [cit. 2015-03-17]. Dostupné z: <https://www.alfa.cz/product.php?eid=10514007P00000018DJ>
- [42] TP-LINK TL-SC3230. *Alfa.cz* [online]. 2015 [cit. 2015-03-17]. Dostupné z: <https://www.alfa.cz/product.php?eid=10514007P0000001XHE>
- [43] CCTV Cameras. *Aliexpress* [online]. 2015 [cit. 2015-03-17]. Dostupné z: <http://www.aliexpress.com/item/1-2-8-SONY-IMX222-ultra-low-light-CMOS-sensor-2MP-2-8-12mm-Adjustable-Zoom/2017569855.html>
- [44] ACTI ACM-5601. *DOBRÉ KAMERY* [online]. 2015 [cit. 2015-03-17]. Dostupné z: <http://www.dobrekamery.cz/acti-acm5601-p-304.html?zenid=29208391d4fbd345afc5f8d116819565>
- [45] DFM 25G445-ML. *IMAGINGSOURCE* [online]. 2015 [cit. 2015-03-17]. Dostupné z: http://www.theimagingsource.com/en_US/products/oem-cameras/gige-cmos-ccd-color/dfm25g445ml/
- [46] DFK 42BUC03. *IMAGINGSOURCE* [online]. 2015 [cit. 2015-03-18]. Dostupné z: http://www.theimagingsource.com/en_US/products/cameras/usb-ccd-color/dfk22buc03/
- [47] DFK 31BU03.H. *IMAGINGSOURCE* [online]. 2015 [cit. 2015-03-18]. Dostupné z: http://www.theimagingsource.com/en_US/products/cameras/usb-ccd-color/dfk31bu03h/
- [48] DFM 42BUC03-ML. *IMAGINGSOURCE* [online]. 2015 [cit. 2015-03-18]. Dostupné z: http://www.theimagingsource.com/en_US/products/oem-cameras/usb-cmos-color/dfm42buc03ml/
- [49] DFM 31BU03-ML. *IMAGINGSOURCE* [online]. 2015 [cit. 2015-03-18]. Dostupné z: http://www.theimagingsource.com/en_US/products/oem-cameras/usb-ccd-color/dfm31bu03ml/
- [50] Kamery USB 2.0 LE. *Analyza obrazu* [online]. 2015 [cit. 2015-03-18]. Dostupné z: <http://www.analyza-obrazu.cz/kamery/kamery-usb-20/kamery-usb-20-le/>
- [51] Akumulátory pro modely. *Conrad* [online]. 2014 [cit. 2014-10-09]. Dostupné z: <http://www.conrad.cz/akupack-lipol-conrad-energy-11-1-v-1300-mah-20-c-3-5-mm-xh-konektor.k208584>
- [52] DC/DC převodníky. *RS* [online]. 2015 [cit. 2015-03-28]. Dostupné z: <http://cz.rs-online.com/web/p/prenosne-autoadaptery/0417916/>
- [53] Rapid-prototyping. 2015. *Robot.vsb* [online]. [cit. 2015-05-06]. Dostupné z: <http://robot.vsb.cz/rapid-prototyping/>

10 Přílohy

Výkresová dokumentace

Výkres umístění komponent kamerového subsystému BP-SUD0014 – 01

Přiložené CD

- 3D model mobilního robotu Crawler v programu Creo Parametric 2.0
- Bakalářská práce.docx
- Bakalářská práce.pdf
- Výkresová dokumentace v programu AutoCAD
- Výkresová dokumentace.pdf